



Universidad de Cuenca



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL
PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE
DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Autores: JUAN CARLOS BERREZUETA TORRES
ADRIÁN ROBERTO MOSCOSO TELLO

Director: Ing. ÁNGEL JULVER PINO VELÁZQUEZ MSc.

Cuenca-Ecuador

2015



AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY.

RESUMEN

El estudio para la ampliación y reforzamiento del puente San Ramón, se plantea en tres etapas. La primera abarca, un análisis del estado actual, partiendo de una evaluación estructural con el objetivo de determinar el desgaste de sus componentes, y una evaluación funcional y de tránsito con lo que se pretende conocer el nivel de servicio que brinda el puente.

En la segunda etapa se realizan estudios de ingeniería básica que determinarán las características del lugar, por lo tanto, se efectúa un levantamiento topográfico con el fin de representar en un formato adecuado variables que se encuentran en el campo. Además, se contempla un estudio geotécnico para fijar el tipo y la forma de las cimentaciones a utilizar, y finalmente mediante un análisis hidrológico e hidráulico establecer los caudales máximos para el diseño de la ampliación, la capacidad de desagüe y estipular la profundidad de socavación.

En la tercera etapa, se propone una alternativa de diseño para la ampliación del Puente San Ramón, basándose el cálculo en las normativas AASHTO y teniendo en cuenta las especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes, brindadas por el MTOP.

También se realiza un análisis para el reforzamiento de la estructura existente utilizando una nueva e innovadora tecnología de Polímeros Reforzados con Fibras (Fibras de Carbono), por último se presenta un presupuesto referencial en función del cual las autoridades pertinentes puedan realizar una evaluación de factibilidad para la implementación de la obra.

Palabras Clave: ampliación, reforzamiento, puente, evaluación, fibras, carbono, patologías.



ABSTRACT

The study is proposed in three stages.

The first stage is a diagnostic of the current state of the bridge. It is made with the objective of determining the wear out level of its components. Also, the analysis is based on a functional evaluation and of the traffic. This information is collected with the intention of knowing the level of service that the bridge presents.

Second stage, basic engineering studies are performed to determine the characteristics of the place where the bridge is located. Therefore, a topographic survey is carried out in order to represent, in a suitable format, variables found in the field. In addition, a geotechnical survey is contemplated to set the type and shape of the foundations to be used in the bridge. Finally in this stage, through a hydrologic and hydraulic analysis, it is necessary to establish the maximum flow of the river that helps to design the enlargement, the drainage capacity, and to stipulate the depth of scour.

Third stage, it is proposed an alternative design for the enlargement of San Ramon Bridge based on the calculation of the AASHTO standards and taking in consideration the general specifications for the construction of bridges and roads provided by the MTOP.

Also, an analysis for the reinforcement of the existing structure is performed using a new and innovative technology of polymers reinforced with fibers (Carbon Fibers). Finally, a referential budge is presented from which the local authorities can conduct a feasibility evaluation for the implementation of project.

Keywords: enlargement, reinforcement, bridge, evaluation, fibers, carbon pathologies.



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| TABLA DE CONTENIDO | 4 |
| LISTA DE TABLAS..... | 8 |
| LISTA DE FIGURAS | 10 |
| LISTA DE ECUACIONES..... | 10 |
| LISTA DE ILUSTRACIONES | 10 |
| LISTA DE ANEXOS | 11 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 19 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 19 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 19 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 20 |
| ▪ Objetivo General | 20 |
| ▪ Objetivos Específicos | 20 |
| 1.4. METODOLOGÍA Y ALCANCE DEL TRABAJO DE TESIS. | 20 |
| 2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL PUENTE SAN RAMÓN..... | 21 |
| 2.1. ANTECEDENTES..... | 21 |
| 2.2. EVALUACIÓN ESTRUCTURAL | 21 |
| 2.2.1. INTRODUCCIÓN | 21 |
| 2.2.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 22 |
| 2.2.2.1. Estudios de Durabilidad. | 22 |
| ▪ Medidas de Potencial de Media Celda. | 22 |
| 2.2.2.2. Estudio de Resistencia del Hormigón. | 23 |
| ▪ Ensayo de Compresión de Núcleos. | 23 |
| ▪ Esclerometría. | 24 |
| ▪ Ensayos de Adherencia..... | 26 |
| 2.2.2.3. Estudio del Acero. | 26 |
| ▪ Escáner o Determinación de Armaduras..... | 26 |



| | |
|---|----|
| 2.2.2.4. Estudio de Patologías Varias | 27 |
| ▪ Daños por diseño | 27 |
| ▪ Daños por construcción..... | 27 |
| ▪ Daños durante el funcionamiento..... | 28 |
| 2.2.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS | 28 |
| 2.2.3.1. Estudios de Durabilidad | 28 |
| ▪ Resultados de Medidas de Potencial de Media Celda | 28 |
| 2.2.3.2. Estudio de Resistencia del Hormigón | 29 |
| ▪ Resultados de Extracción de Núcleos y Esclerometría. | 29 |
| ▪ Resultados Ensayos de Adherencia..... | 32 |
| 2.2.3.3. Estudio del Acero | 33 |
| ▪ Descripción de Armaduras | 33 |
| 2.2.3.4. Estudio de Patologías Varias | 33 |
| ▪ Estribo Izquierdo. | 34 |
| ▪ Estribo Derecho..... | 35 |
| ▪ Tablero. | 36 |
| ▪ Daños Adicionales..... | 38 |
| 2.2.4. CONCLUSIONES..... | 39 |
| 2.3. EVALUACIÓN FUNCIONAL Y DE TRÁNSITO..... | 40 |
| 2.3.1. INTRODUCCIÓN | 40 |
| 2.3.1.1. Nivel de Servicio del Puente San Ramón. | 40 |
| 2.3.1.2. TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) | 40 |
| 2.3.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 40 |
| 2.3.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS | 41 |
| 2.3.3.1. Nivel de Servicio | 41 |
| 2.3.3.2. TPDA | 42 |
| 2.3.4. CONCLUSIONES..... | 44 |
| 2.4. EVALUACIÓN AMBIENTAL | 44 |
| 2.4.1. INTRODUCCIÓN..... | 44 |
| 2.4.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 44 |
| 2.4.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS | 45 |
| 2.4.3.1. Componente Humano | 45 |
| 2.4.3.2. Componente Biótico..... | 45 |
| ▪ Flora | 45 |
| ▪ Fauna | 46 |
| 2.4.3.3. Componentes Físicos | 46 |
| ▪ Clima | 46 |
| ▪ Hidrología..... | 47 |
| ▪ Geología..... | 47 |
| 2.4.3.4. Identificación y Valoración de los Impactos Ambientales..... | 47 |
| 2.4.4. CONCLUSIONES..... | 51 |



| | |
|--|----|
| 3. ESTUDIOS Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DEL SECTOR..... | 52 |
| 3.1. ANTECEDENTES..... | 52 |
| 3.2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS | 52 |
| 3.2.1. INTRODUCCIÓN..... | 52 |
| 3.2.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 52 |
| 3.2.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS | 53 |
| 3.2.4. CONCLUSIONES..... | 53 |
| 3.3. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS..... | 53 |
| 3.3.1. INTRODUCCIÓN | 53 |
| 3.3.1.1. Geología General del Cantón Síg sig..... | 54 |
| 3.3.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 58 |
| 3.3.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS | 59 |
| ▪ Caracterización del Suelo..... | 59 |
| ▪ Análisis de Capacidad de Carga. | 66 |
| 3.3.4. CONCLUSIONES..... | 68 |
| 3.4. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS | 68 |
| 3.4.1. INTRODUCCIÓN | 68 |
| 3.4.2. MATERIALES Y MÉTODOS | 69 |
| 3.4.2.1. Hidrología..... | 69 |
| 3.4.2.2. Hidráulica | 70 |
| ▪ Socavación general del cauce..... | 71 |
| ▪ Socavación en estribos. | 73 |
| 3.4.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS | 74 |
| ▪ Cálculo de Caudales máximos | 74 |
| ▪ Cálculo de socavación..... | 75 |
| 3.4.4. CONCLUSIONES..... | 80 |
| 4. ALTERNATIVA PROPUESTA DE DISEÑO. | 82 |
| 4.1. ANTECEDENTES..... | 82 |
| 4.2. AMPLIACIÓN DEL PUENTE SAN RAMÓN | 82 |
| 4.2.1. INTRODUCCIÓN..... | 82 |
| 4.2.2. MATERIALES Y MÉTODOS. | 83 |
| 4.2.2.1. Puente viga-losa in situ. | 83 |
| 4.2.2.2. Puente con prefabricados. | 84 |
| 4.2.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS | 85 |
| 4.2.3.1. Diseño de Puente viga-losa in situ. | 85 |
| ▪ Diseño de la Losa..... | 85 |
| ▪ Diseño Viga Exterior..... | 88 |
| ▪ Diseño Viga Interior..... | 92 |
| ▪ Diseño de Estribo Margen Derecho..... | 94 |



| | |
|--|-----|
| ▪ Diseño de Estribo Margen Izquierdo. | 103 |
| 4.2.3.2. Diseño de puente con Prefabricados. | 106 |
| 4.2.4. CONCLUSIONES. | 108 |
| 4.3. REFORZAMIENTO DEL PUENTE SAN RAMÓN UTILIZANDO FIBRAS DE CARBONO | |
| 109 | |
| 4.3.1. INTRODUCCIÓN. | 109 |
| 4.3.2. MATERIALES Y MÉTODOS. | 109 |
| 4.3.3. CÁLCULOS Y RESULTADOS. | 111 |
| 4.3.4. CONCLUSIONES. | 116 |
| 5. PRESUPUESTO REFERENCIAL Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | |
| PARA LA CONSTRUCCIÓN. | 117 |
| 5.1. PRESUPUESTO REFERENCIAL. | 117 |
| 5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. | 119 |
| 6. REFERENCIAS. | 144 |
| 7. ANEXOS. | 146 |



LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| TABLA 2.1 VALORES REFERENCIALES DE CORROSIÓN. | 23 |
| TABLA 2.2 FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ. | 24 |
| TABLA 2.3 RESULTADOS MEDIDAS DE POTENCIAL DE MEDIA CELDA..... | 29 |
| TABLA 2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA. | 29 |
| TABLA 2.5 RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE. | 29 |
| TABLA 2.6 ESCLEROMETRÍA. | 30 |
| TABLA 2.7 FACTOR DE CORRELACIÓN ESCLEROMETRÍA Y NÚCLEOS..... | 31 |
| TABLA 2.8 RESISTENCIA A COMPRESIÓN ASOCIADA CON ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO..... | 31 |
| TABLA 2.9 ENSAYOS DE ADHERENCIA. | 32 |
| TABLA 2.10 RESULTADOS OBTENIDOS ADHERENCIA. | 32 |
| TABLA 2.11 DESCRIPCIÓN DE PATOLOGÍAS POR ZONAS - ESTRIBO IZQUIERDO. | 34 |
| TABLA 2.12 DESCRIPCIÓN DE PATOLOGÍAS POR ZONAS - ESTRIBO DERECHO. | 35 |
| TABLA 2.13 DESCRIPCIÓN DE PATOLOGÍAS POR ZONAS – TABLERO. | 37 |
| TABLA 2.14 CARACTERÍSTICAS DE LOS NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS DE 2 CARRILES..... | 41 |
| TABLA 2.15 RESULTADOS VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN..... | 41 |
| TABLA 2.16 RESULTADOS CÁLCULO DEL TPDA..... | 43 |
| TABLA 2.17 RELACIÓN FUNCIÓN, CLASE MOP Y TRAFICO..... | 43 |
| TABLA 2.18 ESPECIES MÁS COMUNES DE FLORA EN LA ZONA | 46 |
| TABLA 2.19 ESPECIES MÁS COMUNES DE FAUNA EN LA ZONA..... | 46 |
| TABLA 2.20 INTERPRETACIÓN DE COLORES. | 48 |
| TABLA 2.21 MATRIZ EFECTO-CAUSA PUENTE SAN RAMÓN (EXISTENTE). | 49 |
| TABLA 2.22 MATRIZ EFECTO-CAUSA AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO. | 50 |
| TABLA 3.1 PROFUNDIDAD DE CALICATAS. | 59 |
| TABLA 3.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS C1-M1..... | 61 |
| TABLA 3.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS C1-M2..... | 62 |
| TABLA 3.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS C2-M1..... | 63 |
| TABLA 3.5 CLASIFICACIÓN DE SUELOS C2-M2..... | 64 |
| TABLA 3.6 PERFIL ESTRATIGRÁFICO C1. | 65 |
| TABLA 3.7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO C2. | 65 |
| TABLA 3.8 PARÁMETROS C Y ϕ DEL SUELO. | 66 |
| TABLA 3.9 RESULTADOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE, SONDEO C1..... | 67 |
| TABLA 3.10 RESULTADOS DE LA CAPACIDAD PORTANTE, SONDEO C2..... | 67 |
| TABLA 3.11 INFORMACIÓN BÁSICA DE LA CUENCA. | 69 |
| TABLA 3.12 VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD N | 71 |
| TABLA 3.13 COEFICIENTE DE CORRECCIÓN K_{θ} | 73 |
| TABLA 3.14 COEFICIENTE DE CORRECCIÓN K_Q | 73 |
| TABLA 3.15 COEFICIENTE DE CORRECCIÓN K_M | 74 |
| TABLA 3.16 PRECIPITACIÓN. | 74 |
| TABLA 3.17 COBERTURA VEGETAL..... | 74 |
| TABLA 3.18 TIPO DE SUELO. | 74 |
| TABLA 3.19 CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA. | 75 |
| TABLA 3.20 CAUDALES DE DISEÑO..... | 75 |
| TABLA 3.21 ÍNDICES DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA PARA EL MATERIAL DEL LECHO. | 75 |
| TABLA 3.22 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL DEL LECHO. | 76 |
| TABLA 3.23 RESUMEN DE PARÁMETROS DE FLUJO. | 77 |
| TABLA 3.24 EJEMPLO DE CÁLCULO SOCAVACIÓN GENERAL..... | 79 |
| TABLA 3.25 CÁLCULO DE SOCAVACIÓN ESTRIBO DERECHO..... | 79 |



| | |
|---|-----|
| TABLA 3.26 CÁLCULO SOCAVACIÓN MARGEN IZQUIERDO..... | 80 |
| TABLA 4.1 MATERIALES Y DIMENSIONES INICIALES..... | 86 |
| TABLA 4.2 MOMENTOS ACTUANTES POR LOS DIFERENTES TIPOS DE CARGA..... | 87 |
| TABLA 4.3 FACTOR "N". | 87 |
| TABLA 4.4 RESUMEN DE ACEROS A USAR. | 88 |
| TABLA 4.5 ACERO POR TEMPERATURA. | 88 |
| TABLA 4.6 ACERO DE DISTRIBUCIÓN. | 88 |
| TABLA 4.7 MOMENTOS FLECTORES POR LOS DISTINTOS TIPOS DE CARGA..... | 90 |
| TABLA 4.8 ACERO POR TEMPERATURA. | 91 |
| TABLA 4.9 CORTANTES POR LOS DISTINTOS TIPOS DE CARGA..... | 91 |
| TABLA 4.10 MOMENTOS FLECTORES POR LOS DISTINTOS TIPOS DE CARGA..... | 93 |
| TABLA 4.11 ACERO POR TEMPERATURA. | 94 |
| TABLA 4.12 CORTANTES POR LOS DISTINTOS TIPOS DE CARGA..... | 94 |
| TABLA 4.13 PRE-DIMENSIONAMIENTO DEL ESTRIBO DERECHO. | 96 |
| TABLA 4.14 CARGAS PROVENIENTES DE LA SUPERESTRUCTURA..... | 96 |
| TABLA 4.15 PRESIÓN DEL SUELO. | 97 |
| TABLA 4.16 ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO. | 97 |
| TABLA 4.17 ESTABILIDAD AL VOLTEO. | 97 |
| TABLA 4.18 PRESIÓN SOBRE EL SUELO. | 98 |
| TABLA 4.19 CORTANTE EN PANTALLA..... | 98 |
| TABLA 4.20 MOMENTO EN PANTALLA..... | 99 |
| TABLA 4.21 CORTANTE EN PARAPETO. | 99 |
| TABLA 4.22 MOMENTO EN LA BASE DE PARAPETO. | 100 |
| TABLA 4.23 CORTANTE EN TALÓN DE LA ZAPATA. | 100 |
| TABLA 4.24 MOMENTO EN TALÓN DE LA ZAPATA..... | 100 |
| TABLA 4.25 CORTANTE PARA PUNTA DE LA ZAPATA. | 101 |
| TABLA 4.26 MOMENTO PARA PUNTA DE LA ZAPATA. | 101 |
| TABLA 4.27 PRE-DIMENSIONAMIENTO DEL ESTRIBO IZQUIERDO. | 103 |
| TABLA 4.28 ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO. | 104 |
| TABLA 4.29 DATOS DE LOS MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS. | 107 |
| TABLA 4.30 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKA CARBODUR. | 110 |
| TABLA 4.31 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SIKAWRAP 600C..... | 111 |
| TABLA 4.32 INFORMACIÓN ESTRUCTURA EXISTENTE. | 112 |
| TABLA 4.33 PROPIEDADES DEL SISTEMA SIKA CARBODUR. | 113 |
| TABLA 4.34 PROPIEDADES DEL SISTEMA SIKAWRAP 103C. | 113 |
| TABLA 4.35 PROPIEDADES USADAS PARA LA OPTIMIZACIÓN..... | 114 |
| TABLA 4.36 RESUMEN DEL REFORZAMIENTO A FLEXIÓN..... | 115 |
| TABLA 5.1 PRESUPUESTO REFERENCIAL INFRAESTRUCTURA..... | 117 |
| TABLA 5.2 PRESUPUESTO REFERENCIAL SUPERESTRUCTURA. | 118 |
| TABLA 5.3 PRESUPUESTO REFERENCIAL SUPERESTRUCTURA PREFABRICADOS. | 118 |
| TABLA 5.4 PRESUPUESTO REFERENCIAL REFORZAMIENTO PUENTE EXISTENTE. | 118 |
| TABLA 5.5 PRESUPUESTO REFERENCIAL IMPACTOS AMBIENTALES. | 119 |
| TABLA 5.6 GRANULOMETRÍA EXIGIDA..... | 125 |
| TABLA 5.7 GRANULOMETRÍA EXIGIDA..... | 129 |



LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 3.1 GEOLOGIA DE LA PARROQUIA SIGSIG | 57 |
| FIGURA 3.2 ESQUEMA DE VARIABLES DEL CIMIENTO..... | 66 |
| FIGURA 3.3 UBICACIÓN DE LA MICRO CUENCA DE LA QUEBRADA ALCACAY. | 70 |
| FIGURA 3.4 NIVELES DE FLUJO PARA LA SECCIÓN INMEDIATA ANTES DEL PUENTE... 76 | |
| FIGURA 3.5 NIVELES DE FLUJO PARA LA SECCIÓN INMEDIATA DESPUÉS DEL PUENTE. | 77 |
| FIGURA 3.6 SOCAVACIÓN INMEDIATAMENTE ANTES DEL PUENTE T=100 AÑOS..... | 78 |
| FIGURA 3.7 SOCAVACIÓN INMEDIATAMENTE DESPUÉS DEL PUENTE T=100 AÑOS..... | 78 |

LISTA DE ECUACIONES

| | |
|---|-----|
| ECUACIÓN 2.1 ECUACIÓN TPDA..... | 42 |
| ECUACIÓN 2.2 TRÁFICO ACTUAL | 42 |
| ECUACIÓN 2.3 TRÁFICO PROYECTADO | 42 |
| ECUACIÓN 2.4 TRÁFICO DESARROLLADO | 43 |
| ECUACIÓN 2.5 TRÁFICO DESVIADO | 43 |
| ECUACIÓN 2.6 TRÁFICO GENERADO | 43 |
| ECUACIÓN 2.7 PROYECCIÓN TPDA | 43 |
| ECUACIÓN 3.1 CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA-MEYERHOFF. | 58 |
| ECUACIÓN 3.2 MÉTODO DE LISCHTVAN-LEVEDIEV PARA SUELOS COHESIVOS | 72 |
| ECUACIÓN 3.3 MÉTODO DE LISCHTVAN-LEVEDIEV PARA SUELOS NO COHESIVOS..... | 72 |
| ECUACIÓN 3.4 MÉTODO DE ARTAMONOV | 73 |
| ECUACIÓN 4.1 EQUILIBRIO DE FUERZAS PARA EL DISEÑO DEL DENTELLÓN..... | 104 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| ILUSTRACIÓN 2.1 ESQUEMA DE PUNTOS DE LECTURAS DE POTENCIALES DE MEDIA CELDA..... | 23 |
| ILUSTRACIÓN 2.2 UBICACIÓN DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS..... | 24 |
| ILUSTRACIÓN 2.3 ÁBACO, ESCLEROMETRÍA - RESISTENCIA DEL HORMIGÓN..... | 25 |
| ILUSTRACIÓN 2.4 LECTURAS DE ESCLEROMETRÍA EN EL TABLERO | 25 |
| ILUSTRACIÓN 2.5 LECTURAS DE ESCLEROMETRÍA EN EL ESTRIBO MARGEN IZQUIERDO..... | 26 |
| ILUSTRACIÓN 2.6 LECTURAS DE ESCLEROMETRÍA EN EL ESTRIBO MARGEN DERECHO..... | 26 |
| ILUSTRACIÓN 2.7 DISTRIBUCIÓN DE ACEROS EN LA LOSA. VISTA FRONTAL. | 33 |
| ILUSTRACIÓN 2.8 DISTRIBUCIÓN DE ACEROS EN LA LOSA. VISTA LATERAL. | 33 |
| ILUSTRACIÓN 2.9 LOCALIZACIÓN DE PATOLOGÍAS VARIAS – ESTRIBO IZQUIERDO. | 34 |
| ILUSTRACIÓN 2.10 LOCALIZACIÓN DE PATOLOGÍAS VARIAS – ESTRIBO DERECHO. | 35 |
| ILUSTRACIÓN 2.11 LOCALIZACIÓN DE PATOLOGÍAS VARIAS – TABLERO. | 36 |
| ILUSTRACIÓN 2.15 SOCAVACIÓN - MARGEN DERECHO..... | 38 |
| ILUSTRACIÓN 2.12 DESCARGA DE CUNETAS..... | 38 |
| ILUSTRACIÓN 2.13 CONSTRUCCIÓN INADECUADA DE JUNTAS FRÍAS. | 38 |
| ILUSTRACIÓN 2.14 SOCAVACIÓN - MARGEN IZQUIERDO..... | 38 |
| ILUSTRACIÓN 3.1 UBICACIÓN DE CALICATAS. | 59 |
| ILUSTRACIÓN 3.2 CALICATA 1..... | 60 |



| | |
|---|-----|
| ILUSTRACIÓN 3.3 CALICATA 2..... | 60 |
| ILUSTRACIÓN 3.4 SOCAVACIÓN GENERAL DEL CAUCE. | 72 |
| ILUSTRACIÓN 3.5 SOCAVACIÓN EN ESTRIBOS..... | 73 |
| ILUSTRACIÓN 3.6 SOCAVACIÓN EN ESTRIBOS. INTERPRETACIÓN DE VARIABLES..... | 74 |
| ILUSTRACIÓN 4.1 CARGAS Y DISTRIBUCIÓN DE EJES DEL CAMIÓN DE DISEÑO HS-MOP. | 85 |
| ILUSTRACIÓN 4.2 ESQUEMA DE LA AMPLIACIÓN. | 86 |
| ILUSTRACIÓN 4.3 ESQUEMA DE LA VIGA EXTERIOR..... | 89 |
| ILUSTRACIÓN 4.4 DISTRIBUCIÓN DE ACEROS. | 90 |
| ILUSTRACIÓN 4.5 ESQUEMA VIGA INTERIOR. | 92 |
| ILUSTRACIÓN 4.6 DISTRIBUCIÓN DE ACEROS. | 93 |
| ILUSTRACIÓN 4.7 INTERPRETACIÓN DE VARIABLES PARA EL DISEÑO DEL ESTRIBO. . | 95 |
| ILUSTRACIÓN 4.8 ÁREAS DE ACERO Y DISTRIBUCIÓN, ESQUEMA..... | 102 |
| ILUSTRACIÓN 4.9 ÁREAS DE ACERO Y DISTRIBUCIÓN, ESQUEMA..... | 105 |
| ILUSTRACIÓN 4.10 CONFIGURACIÓN DE LA LOSA DOBLE "T" | 107 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1 FOTOGRAFÍAS | 146 |
| ANEXO 2 REGISTRO VELOCIDAD MÁXIMA DE CIRCULACIÓN | 154 |
| ANEXO 3 REGISTRO CONTEO DE FLUJO VEHICULAR | 155 |
| ANEXO 4 FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTÉCNICA. BRAJA M. DAS., 2001. FACTORES DE FORMA, PROFUNDIDAD E INCLINACIÓN RECOMENDADOS PARA USARSE | 156 |
| ANEXO 5 ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE SÍGSIG, 2012. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y EL BALANCE HÍDRICO POR EL MÉTODO DE HARGREAVES..... | 157 |
| ANEXO 6 MECÁNICA DE SUELOS TOMO 3 FLUJO DE AGUA EN SUELOS. BADILLO, J., RODRIGUEZ, R., 2004. VALORES DEL COEFICIENTE B | 158 |
| ANEXO 7 MECÁNICA DE SUELOS TOMO 3 FLUJO DE AGUA EN SUELOS. BADILLO, J., RODRIGUEZ, R., 2004. COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN M | 158 |
| ANEXO 8 MECÁNICA DE SUELOS TOMO 3 FLUJO DE AGUA EN SUELOS. BADILLO, J., RODRIGUEZ, R., 2004. VALORES DE X Y $1/(1+X)$ PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS | 159 |
| ANEXO 9 FACTORES DE FORMA EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO ϕ | 159 |
| ANEXO 10 HOJA DE CÁLCULO PARA MOMENTO POR CARGA VIVA. | 160 |
| ANEXO 11 HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE LOSA..... | 162 |
| ANEXO 12 HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE VIGA EXTERIOR. | 172 |
| ANEXO 14 HOJA DE CÁLCULO DISEÑO DE DIAFRAGMA..... | 182 |
| ANEXO 14 HOJA DE CÁLCULO PARA ESTRIBO DEL MARGEN DERECHO. | 188 |
| ANEXO 15 HOJA DE CÁLCULO PARA DISEÑO DE MURO DE ALA DE MARGEN DERECHO. | 200 |
| ANEXO 16 HOJA DE CÁLCULO PARA ELEMENTO PREFABRICADO..... | 202 |



CLÁUSULAS DE DERECHO DE AUTOR



Universidad de Cuenca
Cláusula de derechos de autor

Yo, Juan Carlos Berrezueta Torres, autor de la tesis “AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, 17 de Abril de 2015.

Juan Carlos Berrezueta Torres

C.I: 010514406-7



Yo, Adrián Roberto Moscoso Tello, autor de la tesis "AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, 17 de Abril de 2015.

Adrián Roberto Moscoso Tello

C.I: 010534872-6



CLÁUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, Juan Carlos Berrezueta Torres, autor de la tesis “AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 17 de Abril de 2015

Juan Carlos Berrezueta Torres

C.I: 010514406-7



Yo, Adrián Roberto Moscoso Tello, autor de la tesis “AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 17 de Abril de 2015

Adrián Roberto Moscoso Tello

C.I: 010534872-6



AGRADECIMIENTO

Expresamos el más sincero agradecimiento a nuestro director de Tesis MSc. Ingeniero Julver Pino, por el tiempo, consejos y dedicación brindados, al Ingeniero Gabriel García, por su asesoría, colaboración desinteresada y predisposición para guiarnos a lo largo del desarrollo de este proyecto.

Al GAD Municipal de Sígusig y en especial al Ing. Adrián Quilambaqui por la apertura brindada para la ejecución de este trabajo que nos ha permitido involucrarnos en las situaciones cotidianas que ofrece el campo laboral.

A Adrián Pulgarín, Gustavo Washima padre e hijo, ingenieros que aportaron su conocimiento y experiencia.

A las empresas CONSTRUCSIGSIG Cía. Ltda. y REMAYRES por el apoyo técnico y logístico.

A nuestros amigos y amigas por sus buenos deseos y estar presentes en cada uno de nuestros logros. No los defraudaremos.



DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado con mucho cariño y afecto a mi familia, Tía, Viejo, Bro y de manera muy especial a mi vieja Angeles Darnell Torres Alvarez, quien ha sido la persona que más fuerte a sostenido mi mano a lo largo de esta etapa de formación personal y profesional dándome siempre fuerzas para continuar.

También quiero dedicárselo a todos mis amigos y amigas con quienes hemos compartido las aulas desde el primero "C" hasta el décimo "2", y por supuesto también con los que convivimos en otros espacios y hemos coincidido en esta linda etapa universitaria.

'Se debe recorrer el camino disfrutando del paisaje porque así alcanzar la meta será más reconfortante'

Juan Carlos Berrezueta T.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi madre María, la mejor mujer del mundo, sencilla, humilde y trabajadora, sin tu apoyo nada de esto sería posible por eso este logro es solo tuyo, gracias por apoyarme y enseñarme a ser fuerte para jamás rendirme ante nada ni nadie.

A mis abuelitos, Papi Virgilito y Mami Maggi, ejemplo de compromiso, honradez, responsabilidad y trabajo.

A mi hijo Martín, pilar fundamental en mi vida quien ha sido la motivación más grande para alcanzar esta meta.

A mi esposa por estar siempre a mi lado apoyándome, aguantándome y brindándome su cariño y paciencia. Gracias infinitas.

Adrián Moscoso T.



AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY.

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El puente San Ramón sobre el Río Alcacay se encuentra ubicado en el sector Portul de la Comunidad de Dacte perteneciente al Cantón Sígsig, el mismo que está ubicado al Sureste de la Provincia del Azuay, limitado al Norte con los Cantones Gualaceo, Chordeleg y Cuenca; al Sur Cantón Nabón y la Provincia de Morona Santiago; al Este Provincia de Morona Santiago y al Oeste Cantones Cuenca y Girón. Altura media 2500 m.s.n.m., su temperatura oscila entre los 12° y 18°C. Se realizó una inspección con la presencia de pobladores del sector, Director de Infraestructura Física y Vice Alcalde del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig de la cual se obtuvieron los siguientes datos técnicos:

Luz del puente: 10 metros

Ancho del puente: 5.30 metros, incluye bordillos a cada lado de 0.60 metros, es decir su ancho real de circulación es de 4.10 metros.

Tipo de material: hormigón

Estribos del puente: muros de hormigón ciclópeo.

El puente tiene aproximadamente unos 20 años desde su construcción y no existe ningún documento técnico que verifique obras de mantenimiento o rehabilitación.

1.2. Justificación

Dado la importancia que implica el transporte terrestre para la comunicación, comercio, educación, turismo y desarrollo de los pueblos, se ve la necesidad de la ampliación y reforzamiento del puente que une a la cabecera cantonal de Sígsig con la comunidad de Dacte. Conocedores de la problemática y por pedido directo de los moradores del sector quienes preocupados y afectados por el estado actual de la estructura del puente y el creciente flujo vehicular, se ha planteado el siguiente proyecto de tesis que tiene como finalidad la ampliación y el reforzamiento mediante fibras de carbono del mencionado puente.



1.3. Objetivos

▪ **Objetivo General**

- Proponer una alternativa para la ampliación y reforzamiento mediante fibras de carbono del Puente San Ramón sobre el río Alcacay.
- Brindar un análisis técnico del estado y funcionalidad de la estructura existente, buscando destacar los beneficios que se obtendrían mediante su intervención.

▪ **Objetivos Específicos**

- Definir las dimensiones óptimas en función de las necesidades del sector para la ampliación del puente.
- Aplicar la metodología para la evaluación de estructuras existentes.
- Analizar ventajas y desventajas de la utilización de fibras de carbono como una alternativa útil para el reforzamiento de estructuras.

1.4. Metodología y Alcance del Trabajo de Tesis.

Una vez realizados los estudios se propone la ampliación y reforzamiento del puente. Para la ampliación, las nuevas dimensiones estarán en función de los resultados obtenidos, partiendo de que la misma se puede realizar solo a un lado del puente existente, dada la topografía del lugar. Para el reforzamiento, se plantea la utilización de fibras de carbono debido a que es un material cuyas propiedades mecánicas son apenas sensibles a la aplicación de cargas cíclicas a más de ser un método seguro y económico lo cual nos permite evitar la demolición de la estructura existente.

Por último se diseñará y formulará soluciones que sean las adecuadas para brindar el servicio requerido tanto en la parte estructural como en su funcionalidad.



2. Análisis del Estado Actual del Puente San Ramón

2.1. Antecedentes

En el presente capítulo se ha desarrollado una metodología de trabajo en la que se pretende corroborar el estado actual del puente San Ramón, partiendo de una visita de campo en la que se observó una estructura con un dimensionamiento no apto para las exigencias de tráfico del lugar, de igual forma se observa la falta de un mantenimiento adecuado, por lo que se procede a realizar ensayos y registro de datos para establecer el estado de conservación actual de los diferentes elementos de su estructura.

La información obtenida nos ayuda a generar conclusiones con respaldo técnico y definir el alcance, métodos y materiales para su intervención con una nueva vida útil de servicio.

2.2. Evaluación Estructural

2.2.1. Introducción

Esta evaluación se realiza en los elementos estructurales del puente con el objetivo principal de determinar sus patologías o el desgaste de cada uno de sus componentes, de igual manera se pretende identificar deficiencias en los procesos constructivos aplicados.

Se llevaron a cabo ensayos de tipo semi-destructivo y no destructivo a fin de determinar parámetros de corrosión del acero, propiedades del concreto, profundidad de recubrimiento y la valoración de la calidad del hormigón. Además se realizaron ensayos para la determinación de armaduras o escáner, debido a que no se tuvo acceso a la información de los planos estructurales. Los equipos utilizados y los trabajos se ejecutaron bajo la dirección del Ingeniero Gabriel García del Departamento técnico de REMAYRES.

Al indagar información sobre el puente con moradores del sector y personas que participaron en su construcción, se pudo conocer que existía un puente de madera emplazado sobre estribos de hormigón ciclópeo; el cual sirvió de base para la construcción del puente. Se utilizó su pasarela como encofrado para la fundición y sus estribos fueron adecuados para lograr emplazar la nueva losa, elevando el nivel de corona para lograr el empate de los elementos. Entre estribo y losa, existen vínculos de simple apoyo; la losa es maciza y uniforme en toda su extensión.

A breves rasgos en las visitas de campo realizadas se pudo verificar visualmente la diferencia de edades entre el hormigón de la losa y los estribos, así como algunas deficiencias en el proceso constructivo las mismas que posteriormente se analizaran en un informe visual más detallado.

La valoración estructural se realizará más a detalle en la sección 4.3, donde se analiza la capacidad del puente existente y los requerimientos de reforzamiento del mismo de forma que la estructura sea repotenciada para que pueda brindar el servicio adecuado a la comunidad.

2.2.2. Materiales y Métodos

Los ensayos para la evaluación estructural se realizó en la parte inferior del tablero y en sus estribos, por esta razón se acopló una pasarela bajo el puente que permita desplazarnos de forma segura y así alcanzar los distintos puntos de interés para registrar la información necesaria.

Los puntos en los que se realizaron los ensayos fueron escogidos de forma que se pueda generalizar las condiciones en las que se encuentra el puente, evaluando zonas críticas que permitan plantear los peores escenarios desde el punto de vista estructural o de vida útil de sus elementos.

2.2.2.1. Estudios de Durabilidad.

▪ Medidas de Potencial de Media Celda.

El propósito de este ensayo es determinar la actividad corrosiva del acero de refuerzo en el concreto y el estado activo o pasivo de dicho acero, básicamente se monta un sistema de circuitos eléctricos sobre una superficie de concreto para realizarlo. El equipo consta de:

- *Media celda de sulfato de cobre-cobre*, consiste en un recipiente compuesto de un material dieléctrico que permanezca húmedo por acción capilar y una varilla de cobre que este inmersa dentro del tubo en una solución saturada de sulfato de cobre. [1]
- *Tubo rígido*, con un diámetro interno de 25mm, el diámetro de la varilla de cobre de 6mm y longitud de 50mm. [1]
- *Empalme Eléctrico*, es un puente líquido entre la superficie del concreto y la media celda, es decir una esponja humedecida con la solución. [1]
- *Solución de Contacto Eléctrico*, se usa para evitar la caída de potencial debido al concreto que cierra el circuito, esta solución puede ser un líquido con detergente. [1]
- *Voltímetro*
- *Cables Conductores Eléctricos*.

Para la realización del ensayo, se escogieron puntos en el tablero del puente que estén distanciados aproximadamente 1.5 m uno del otro, tanto en sentido horizontal como vertical formando una grilla con doce puntos de información en los cuales antes de tomar las lecturas se los humedeció con la

solución de contacto utilizando como puntal negativo un acero estructural que se observaba en el tablero. En la Ilustración 2.1 se puede observar un esquema de los puntos en los que se realizaron las lecturas.

El potencial de corrosión es medido en mV y un valor de -350mV indica una alta probabilidad de un proceso de corrosión en la zona evaluada.

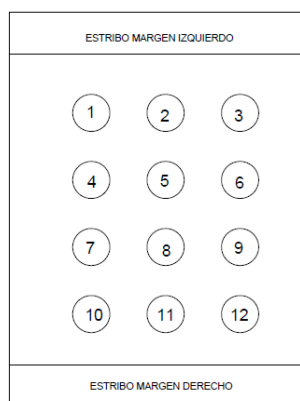


Ilustración 2.1 Esquema de puntos de lecturas de Potenciales de Media Celda

Fuente: Autor

Según, ASTM C 876-91, tenemos valores de referencia de corrosión, los cuales se muestran en la Tabla 2.1

| CENTRO DE DIAGNÓSTIC DEL HORMIGÓN | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Potencial de Corrosión | Probabilidad de corrosión activa (%) |
| > -0.2 voltios | Menor al 10% |
| de -0.2 voltios a -0.35 | Corrosión activa en aumento |
| < -0.35 voltios | Mayor al 90% |

Tabla 2.1 Valores referenciales de corrosión.

Fuente: Autor, según ASTM C 876-91.

2.2.2.2. Estudio de Resistencia del Hormigón.

En este estudio se pretende conocer la resistencia que posee el hormigón estructural, realizando algunos ensayos que nos lleven a aproximar una resistencia en función de parámetros determinados en los siguientes ensayos.

▪ Ensayo de Compresión de Núcleos.

Para el presente caso se extrajeron dos muestras de la parte superior de la losa, en los puntos que indica la Ilustración 2.2, estos núcleos cumplían con la relación de esbeltez de mínimo uno a uno siendo aptos para ser ensayados y obtener su resistencia.

Dichas muestras fueron llevadas al laboratorio en donde se procedió a prepararlas para su posterior ensayo, registrando su peso, altura y diámetro, parámetros que servirán para determinar su resistencia.

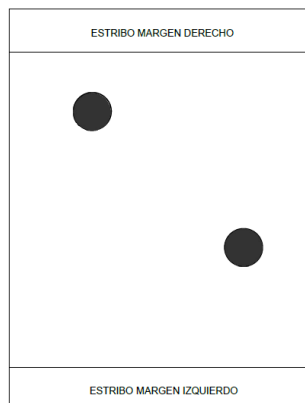


Ilustración 2.2 Ubicación de extracción de núcleos.
Fuente: Autor

Tomando en cuenta las Especificaciones para Concreto Estructural ACI 301, en la sección Ensayo de núcleos, *"La resistencia del concreto en el área representada por los ensayos de núcleos se considera adecuada cuando la resistencia promedio a la compresión de los núcleos sea por lo menos igual al 85% de f'_c y si ningún núcleo presenta una resistencia inferior al 75% de la resistencia especificada a la compresión f'_c ."* [2] Entonces al ser los núcleos extraídos por métodos mecánicos y solamente valorarse un 85% de la resistencia se debe incrementar un 15% a los resultados obtenidos para obtener un valor de fuerza cilíndrica.

En la Tabla 2.2 se puede observar la relación de esbeltez que deben cumplir los especímenes para que los resultados sean representativos.

| Esbeltez | 1.75 | 1.50 | 1.25 | 1.00 |
|----------|------|------|------|------|
| Factor | 0.98 | 0.96 | 0.93 | 0.87 |

Tabla 2.2 Factor de corrección por Esbeltez.
Fuente: CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN INECYC.

▪ Esclerometría.

Los ensayos de esclerometría nos dan lecturas de la presión que registra el martillo en base al uso de ábacos, (Ilustración 2.3), en los cuales se puede observar que existen diferentes curvas en función de la posición en la que se realice la lectura (posición A, B o C). En cada punto se realizan 16 lecturas y tomando un valor medio obtenemos una idea aceptable de la resistencia a compresión del hormigón. Los resultados presentan valores superiores a los reales, llegando alcanzar el 20%, por esta razón se realiza una correlación con los resultados obtenidos en los ensayos de núcleos para

obtener un factor de corrección que permita aproximar de mejor manera la resistencia a compresión del hormigón.

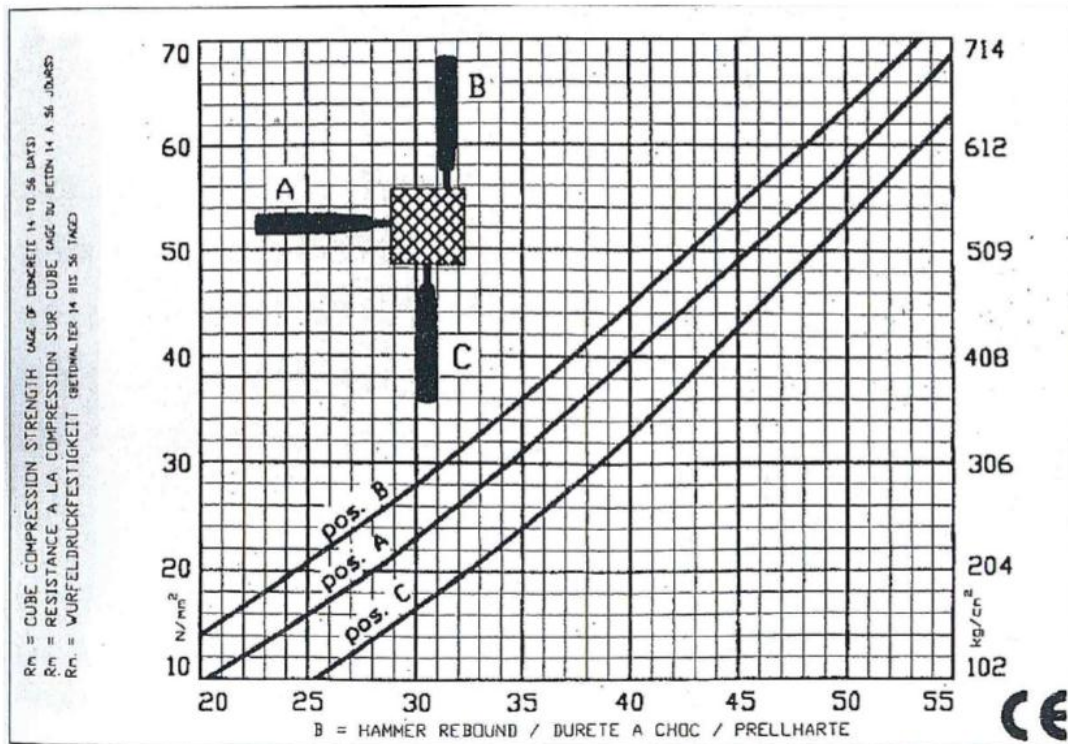


Ilustración 2.3 Ábaco, Esclerometría - Resistencia del Hormigón.

A continuación en la Ilustración 2.4, Ilustración 2.5 e Ilustración 2.6 se presenta un esquema de los puntos en donde se realizaron las lecturas para esclerometría, tanto en la parte baja del tablero como en los estribos del puente.

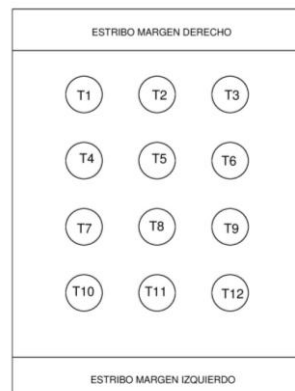


Ilustración 2.4 Lecturas de Esclerometría en el Tablero
Fuente: Autor

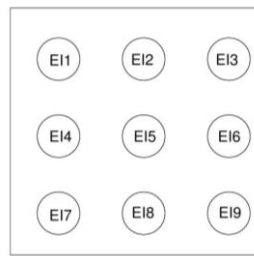


Ilustración 2.5 Lecturas de Esclerometría en el Estribo Margen Izquierdo.

Fuente: Autor

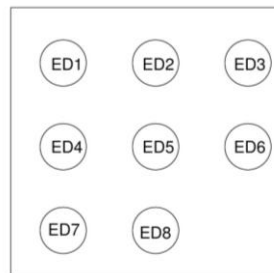


Ilustración 2.6 Lecturas de Esclerometría en el Estribo Margen Derecho.

Fuente: Autor

▪ **Ensayos de Adherencia.**

Para reforzamiento estructural adherido según la recomendación del ACI 440, es necesario realizar pruebas de adherencia cuyos valores deben estar sobre los 1.4Mpa. La adherencia indica el esfuerzo último de rotura bajo cargas tensionantes, para nuestro análisis se hizo este ensayo en el eje longitudinal del puente, anclando 7 pastillas, 3 en el tablero y 2 en cada estribo.

Esta información permite conocer si la resistencia a la tensión de los elementos estructurales pueden ser aptos para pegar platinas de fibra de carbono que aumenten la capacidad de carga del puente para futuras solicitaciones de carga, siendo esto el objetivo principal de este estudio. Finalmente se extrajo las pastillas, con un equipo de extracción *pull of* que nos proporcionó las lecturas de fuerza necesaria para desprenderlas de la estructura, y brindando la información necesaria para calcular el esfuerzo que soportó.

2.2.2.3. Estudio del Acero.

▪ **Escáner o Determinación de Armaduras.**

En procesos de mantenimiento y reforzamiento de estructuras de hormigón es esencial localizar las barras de refuerzo metálicas ya que esta información permite la revisión y cálculo de la estructura, así como la



determinación del grosor de la cobertura de hormigón sobre dichas barras de refuerzo.

En este ensayo se detecta la profundidad, espaciamiento y dimensiones de las barras de acero embebidas en el hormigón, trabajo que se realiza con un escáner *Detector D-TECT 150 Professional*. Para complementar la información que nos brinda el escáner se debe descubrir el hormigón hasta llegar al hierro en donde directamente con un calibrador se pueden medir los diámetros de los hierros. Con la información que se obtiene en el campo, se realiza el análisis del cortante aportado.

2.2.2.4. Estudio de Patologías Varias.

Este estudio consiste en realizar una inspección visual en la que se pretende localizar daños por diseño, daños por construcción y daños durante el funcionamiento, para lo cual se elaborará una matriz en la que se ubicaran las patologías presentes indicando el tipo de daño.

▪ Daños por diseño

Referentes a la concepción de la obra y posible falta de previsión de futuras condiciones de uso. Entre las patologías más comunes se tiene:

- *Fisuras(D1)*, son el resultado de los esfuerzos que actúan sobre los elementos estructurales.
- *Aplastamiento Local(D2)*, son el resultado de la alta concentración de cargas que se presenta en las zonas de apoyo en los elementos simplemente apoyados o zonas de anclaje.
- *Asentamientos(D3)*, son el resultado de un mal diseño de cimentación generando movimientos verticales diferenciales.
- *Volcamiento(D4)*, son el resultado de diseños inadecuados o consecuencia de socavación, asentamientos o eventos fortuitos como sismos.
- *Vibración Excesiva(D5)*, produce fatiga en los elementos estructurales pudiendo llegar incluso al colapso.

▪ Daños por construcción

Hace referencia a los daños generados por el uso de materiales con una calidad inadecuada, problemas de dosificación, carga prematura de la estructura y problemas en la colocación y curado.

- *Hormigueros(C1)*, causados por falta de vibrado.
- *Segregación(C2)*, distribución inadecuada de los componentes de la mezcla, se pueden ver los agregados separados de la pasta.



- *Fisuración por retracción(C3)*, se debe a la pérdida de agua por evaporación en el proceso de endurecimiento del concreto.
- *Construcción inadecuada de juntas frías(C4)*, se debe al vaciado de concreto en diferentes etapas y sobre todo no aplicar un tratamiento adecuado, provoca una discontinuidad perjudicial que puede reducir la vida útil de la estructura.
- *Recubrimiento inadecuado y exposición del acero de refuerzo(C5)*, cuando la capa de recubrimiento es menor a la prevista afecta a la capacidad portante de la estructura y peor aun si es el caso en el que no existe recubrimiento y el acero está expuesto, esto podría generar corrosión.

▪ **Daños durante el funcionamiento.**

Son daños causados por acciones físicas, mecánicas, químicas o biológicas, generadas por el uso, falta de mantenimiento, eventos fortuitos, incremento de las cargas permitidas, etc., estos daños pueden ser:

- *Corrosión de la armadura(F1)*, son evidenciadas con la presencia de óxido en el concreto.
- *Contaminación del concreto(F2)*, debido a la presencia de micro organismos en la estructura, pudiendo causar fallas de carácter físico o químico.
- *Fallas por impacto(F3)*, se produce cuando un cuerpo se estrella contra la estructura del puente, pudiendo causar diferentes daños según la intensidad del impacto.
- *Socavación(F4)*, es la erosión que causa el agua por su contacto con el concreto, generando desgaste y futuras fallas de estabilidad.

2.2.3. Cálculos y Resultados

2.2.3.1. Estudios de Durabilidad

▪ **Resultados de Medidas de Potencial de Media Celda**

| ENSAYO DE POTENCIALES DE CORROSION | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-------------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| Ensayo Número | Ubicación | ESTRIBO DISTANCIA | Estructura | Lectura (mV) | Probabilidad de Corrosión Activa(%) |
| 1 | 1 | MI-1.5m | Losa | 59 | Menor al 10% |
| 2 | 2 | MI-1.5m | Losa | 57 | Menor al 10% |
| 3 | 3 | MI-1.5m | Losa | 50 | Menor al 10% |
| 4 | 4 | MI-3m | Losa | 89 | Menor al 10% |
| 5 | 5 | MI-3m | Losa | 76 | Menor al 10% |
| 6 | 6 | MI-3m | Losa | 92 | Menor al 10% |
| 7 | 7 | MD-3m | Losa | 84 | Menor al 10% |
| 8 | 8 | MD-3m | Losa | 105 | Menor al 10% |
| 9 | 9 | MD-3m | Losa | 98 | Menor al 10% |
| 10 | 10 | MD-1.5m | Losa | 110 | Menor al 10% |
| 11 | 11 | MD-1.5m | Losa | 100 | Menor al 10% |
| 12 | 12 | MD-1.5m | Losa | 72 | Menor al 10% |
| Promedio | | | | 83 | Menor al 10% |

Tabla 2.3 Resultados Medidas de Potencial de Media Celda

Fuente: Autor

2.2.3.2. Estudio de Resistencia del Hormigón

▪ Resultados de Extracción de Núcleos y Esclerometría.

La extracción de núcleos se efectuó en dos puntos de tal forma que coincidan con los lugares en donde se levantaron los datos de esclerometría, es decir el núcleo N1 coincide con la lectura T1 de esclerometría y el núcleo N2 coincide con la lectura T11 de esclerometría.

| N° | Ubicación | Peso | Altura | Diámetro | Área | Peso Vol. | Relación |
|----|-----------|---------|--------|----------|-----------------|-------------------|----------|
| | Elemento | g | h (cm) | Ø (cm) | cm ² | kg/m ³ | h/Ø |
| 1 | N1 | 740.210 | 8.200 | 6.960 | 38.046 | 2372.645 | 1.178 |
| 2 | N2 | 520.820 | 6.270 | 6.910 | 37.501 | 2215.002 | 0.907 |

Tabla 2.4 Características de la muestra.

Fuente: Autor

| N° | Ubicación | Resistencia | Factor Corrección | Resistencia Corregida | Fuerza Cilíndrica | Observaciones |
|----|-----------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---|
| | Elemento | Mpa | | Mpa | Mpa | |
| 1 | N1 | 21.101 | 0.91 | 19.202 | 22.082 | Muestras de hormigón compacta, buena vibración. |
| 2 | N2 | 25.335 | 0.85 | 21.535 | 24.765 | |

Tabla 2.5 Resultados de Ensayo de Compresión Simple.

Fuente: Autor



| N | Ubicación | Elemento | Lecturas | | | | | | | | | | | | | | | | Max | Min | Prom | Desv. Est. | Pos | (N/mm ²) | Eq.(Kg/cm ²) | Observaciones |
|----|------------|----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----------|------------|-----|----------------------|--------------------------|------------------|
| 1 | Tablero | T1 | 34 | 34 | 34 | 42 | 37 | 40 | 30 | 36 | 34 | 40 | 44 | 36 | 38 | 43 | 42 | 43 | 44 | 30 | 38 | 4.19 | C | 29 | 296 | Se extrae núcleo |
| 2 | Tablero | T2 | 37 | 38 | 44 | 44 | 34 | 30 | 38 | 36 | 38 | 26 | 34 | 40 | 44 | 35 | 35 | 40 | 44 | 26 | 37 | 4.93 | C | 27 | 275 | |
| 3 | Tablero | T3 | 48 | 47 | 47 | 49 | 46 | 48 | 49 | 58 | 32 | 48 | 48 | 49 | 38 | 42 | 54 | 38 | 58 | 32 | 47 | 6.28 | C | 46.5 | 474 | |
| 4 | Tablero | T4 | 49 | 43 | 41 | 40 | 45 | 45 | 46 | 36 | 49 | 36 | 38 | 42 | 28 | 40 | 30 | 40 | 49 | 28 | 41 | 5.99 | C | 34.5 | 352 | |
| 5 | Tablero | T5 | 43 | 45 | 43 | 42 | 38 | 40 | 42 | 42 | 44 | 43 | 44 | 40 | 50 | 48 | 36 | 40 | 50 | 36 | 42 | 3.46 | C | 36.5 | 372 | |
| 6 | Tablero | T6 | 44 | 46 | 48 | 46 | 42 | 40 | 50 | 36 | 34 | 52 | 48 | 46 | 52 | 42 | 48 | 40 | 52 | 34 | 45 | 5.30 | C | 42.5 | 434 | |
| 7 | Tablero | T7 | 36 | 46 | 46 | 43 | 42 | 40 | 44 | 46 | 48 | 52 | 52 | 44 | 42 | 44 | 42 | 46 | 52 | 36 | 45 | 4.07 | C | 42.5 | 434 | |
| 8 | Tablero | T8 | 50 | 40 | 42 | 40 | 48 | 40 | 43 | 40 | 40 | 44 | 42 | 42 | 20 | 40 | 40 | 42 | 50 | 20 | 42 | 6.30 | C | 36.5 | 372 | |
| 9 | Tablero | T9 | 44 | 33 | 30 | 40 | 27 | 23 | 35 | 40 | 25 | 20 | 37 | 38 | 44 | 40 | 36 | 35 | 44 | 20 | 35 | 7.31 | C | 22 | 224 | |
| 10 | Tablero | T10 | 42 | 47 | 48 | 48 | 47 | 40 | 30 | 43 | 44 | 37 | 37 | 45 | 44 | 46 | 32 | 30 | 48 | 30 | 42 | 6.27 | C | 36.5 | 372 | |
| 11 | Tablero | T11 | 40 | 38 | 35 | 39 | 49 | 42 | 40 | 40 | 40 | 40 | 46 | 44 | 48 | 39 | 43 | 40 | 49 | 35 | 41 | 3.72 | C | 34.5 | 352 | Se extrae núcleo |
| 12 | Tablero | T12 | 42 | 49 | 36 | 38 | 44 | 46 | 40 | 40 | 43 | 43 | 46 | 44 | 36 | 38 | 42 | 40 | 49 | 36 | 42 | 3.70 | C | 36.5 | 372 | |
| 13 | Estribo MI | EI1 | 28 | 26 | 33 | 24 | 28 | 36 | 32 | 38 | 28 | 34 | 32 | 27 | 30 | 28 | 28 | 33 | 38 | 24 | 30 | 3.84 | A | 23 | 235 | |
| 14 | Estribo MI | EI2 | 26 | 26 | 24 | 24 | 30 | 26 | 28 | 22 | 28 | 22 | 22 | 20 | 23 | 26 | 22 | 22 | 30 | 20 | 24 | 2.80 | A | 14.5 | 148 | |
| 15 | Estribo MI | EI3 | 24 | 20 | 38 | 30 | 30 | 32 | 32 | 32 | 28 | 34 | 40 | 34 | 36 | 36 | 32 | 34 | 40 | 20 | 32 | 5.01 | A | 24.5 | 250 | |
| 16 | Estribo MI | EI4 | 33 | 38 | 42 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 38 | 36 | 35 | 36 | 40 | 42 | 32 | 42 | 32 | 38 | 3.02 | A | 36.5 | 372 | |
| 17 | Estribo MI | EI5 | 35 | 33 | 31 | 37 | 38 | 30 | 34 | 31 | 30 | 38 | 37 | 30 | 27 | 32 | 32 | 28 | 38 | 27 | 33 | 3.50 | A | 27.5 | 281 | |
| 18 | Estribo MI | EI6 | 37 | 30 | 34 | 34 | 30 | 28 | 30 | 32 | 34 | 32 | 32 | 28 | 30 | 28 | 30 | 32 | 37 | 28 | 31 | 2.55 | A | 24.5 | 250 | |
| 19 | Estribo MI | EI7 | 24 | 20 | 22 | 23 | 22 | 23 | 22 | 23 | 21 | 23 | 23 | 18 | 24 | 28 | 28 | 27 | 28 | 18 | 23 | 2.69 | A | 13 | 133 | |
| 20 | Estribo MI | EI8 | 33 | 30 | 36 | 32 | 32 | 33 | 32 | 34 | 34 | 38 | 32 | 37 | 20 | 22 | 25 | 34 | 38 | 20 | 32 | 5.06 | A | 24.5 | 250 | |
| 21 | Estribo MI | EI9 | 28 | 20 | 18 | 20 | 32 | 25 | 20 | 22 | 20 | 20 | 18 | 18 | 18 | 24 | 18 | 18 | 32 | 18 | 21 | 4.12 | A | 10.5 | 107 | |
| 22 | Estribo MD | ED1 | 20 | 26 | 26 | 28 | 16 | 30 | 32 | 20 | 20 | 22 | 20 | 14 | 24 | 20 | 20 | 20 | 32 | 14 | 22 | 4.91 | A | 12 | 122 | |
| 23 | Estribo MD | ED2 | 22 | 26 | 22 | 24 | 27 | 28 | 23 | 25 | 18 | 22 | 26 | 26 | 25 | 25 | 22 | 22 | 28 | 18 | 24 | 2.54 | A | 14.5 | 148 | |
| 24 | Estribo MD | ED3 | 30 | 30 | 36 | 29 | 22 | 22 | 28 | 26 | 28 | 24 | 28 | 28 | 30 | 24 | 28 | 28 | 36 | 22 | 27 | 3.48 | A | 18.5 | 189 | |
| 25 | Estribo MD | ED4 | 32 | 36 | 30 | 28 | 40 | 28 | 26 | 28 | 28 | 26 | 28 | 28 | 32 | 28 | 28 | 28 | 40 | 26 | 29 | 3.74 | A | 21.5 | 219 | |
| 26 | Estribo MD | ED5 | 24 | 22 | 20 | 22 | 24 | 22 | 18 | 26 | 26 | 24 | 24 | 27 | 17 | 18 | 20 | 23 | 27 | 17 | 22 | 3.03 | A | 12 | 122 | |
| 27 | Estribo MD | ED6 | 22 | 18 | 18 | 20 | 26 | 20 | 20 | 18 | 16 | 24 | 20 | 16 | 46 | 20 | 26 | 20 | 46 | 16 | 21 | 7.10 | A | 10.5 | 107 | |
| 28 | Estribo MD | ED7 | 28 | 26 | 29 | 20 | 28 | 46 | 22 | 28 | 24 | 20 | 20 | 22 | 22 | 20 | 22 | 24 | 46 | 20 | 24 | 6.44 | A | 14.5 | 148 | |
| 29 | Estribo MD | ED8 | 28 | 22 | 24 | 22 | 20 | 24 | 20 | 33 | 24 | 20 | 20 | 24 | 24 | 22 | 20 | 18 | 33 | 18 | 22 | 3.67 | A | 12 | 122 | |

Tabla 2.6 Esclerometría.

Fuente: Autor



| FACTOR CORRELACIÓN ESCLEROMETRIA Y NÚCLEOS | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
| UBICACIÓN | RELACIÓN | | Factor de corrección |
| ELEMENTO | CILINDRICA kg/cm ² | ESCLEROMETRICA kg/cm ² | |
| N1 | 220.823 | 296.000 | 0.746 |
| N2 | 247.653 | 352.000 | 0.704 |
| Factor de corrección | | | 0.725 |

Tabla 2.7 Factor de correlación esclerometría y núcleos

Fuente: Autor

A continuación se presenta la Tabla 2.8 en la cual se hace una corrección del valor de la resistencia en base a la correlación existente entre los resultados de la extracción de núcleos y la esclerometría, este factor afecta únicamente al lugar en el que se realizó la extracción de núcleos.

| N | UBICACIÓN | ELEMENTO | RA*(Kg/cm2) | Factor correlación | Resistencia (kg/cm ²) |
|----------|------------|----------|-------------|--------------------|-----------------------------------|
| 1 | Tablero | T1 | 295.8 | 0.725 | 214.455 |
| 2 | Tablero | T2 | 275.4 | 0.725 | 199.665 |
| 3 | Tablero | T3 | 474.3 | 0.725 | 343.868 |
| 4 | Tablero | T4 | 351.9 | 0.725 | 255.128 |
| 5 | Tablero | T5 | 372.3 | 0.725 | 269.918 |
| 6 | Tablero | T6 | 433.5 | 0.725 | 314.288 |
| 7 | Tablero | T7 | 433.5 | 0.725 | 314.288 |
| 8 | Tablero | T8 | 372.3 | 0.725 | 269.918 |
| 9 | Tablero | T9 | 224.4 | 0.725 | 162.690 |
| 10 | Tablero | T10 | 372.3 | 0.725 | 269.918 |
| 11 | Tablero | T11 | 351.9 | 0.725 | 255.128 |
| 12 | Tablero | T12 | 372.3 | 0.725 | 269.918 |
| 13 | Estribo MI | EI1 | 234.6 | 1.000 | 234.600 |
| 14 | Estribo MI | EI2 | 147.9 | 1.000 | 147.900 |
| 15 | Estribo MI | EI3 | 249.9 | 1.000 | 249.900 |
| 16 | Estribo MI | EI4 | 372.3 | 1.000 | 372.300 |
| 17 | Estribo MI | EI5 | 280.5 | 1.000 | 280.500 |
| 18 | Estribo MI | EI6 | 249.9 | 1.000 | 249.900 |
| 19 | Estribo MI | EI7 | 132.6 | 1.000 | 132.600 |
| 20 | Estribo MI | EI8 | 249.9 | 1.000 | 249.900 |
| 21 | Estribo MI | EI9 | 107.1 | 1.000 | 107.100 |
| 22 | Estribo MD | ED1 | 122.4 | 1.000 | 122.400 |
| 23 | Estribo MD | ED2 | 147.9 | 1.000 | 147.900 |
| 24 | Estribo MD | ED3 | 188.7 | 1.000 | 188.700 |
| 25 | Estribo MD | ED4 | 219.3 | 1.000 | 219.300 |
| 26 | Estribo MD | ED5 | 122.4 | 1.000 | 122.400 |
| 27 | Estribo MD | ED6 | 107.1 | 1.000 | 107.100 |
| 28 | Estribo MD | ED7 | 147.9 | 1.000 | 147.900 |
| 29 | Estribo MD | ED8 | 122.4 | 1.000 | 122.400 |
| Promedio | | | | | 218.689 |

Tabla 2.8 Resistencia a compresión asociada con índice esclerométrico.

Fuente: Autor



▪ **Resultados Ensayos de Adherencia**

| N | Ubicación | Elemento | Tipo de Limpieza | Pastilla | Diámetro | Área | Carga de tensión (LbF) | Carga de tensión (Kg) |
|---|------------------------|-------------|------------------|----------|----------|-----------------|------------------------|-----------------------|
| | | | | | cm | cm ² | | |
| 1 | ESTRIBO IZQ. ABAJO | ESTRIBO EI1 | Hormigón | REDONDA | 5 | 19.63 | 1478 | 671.82 |
| 2 | ESTRIBO IZQ. ARRIBA | ESTRIBO EI2 | Hormigón | REDONDA | 5 | 19.63 | 1095 | 497.73 |
| 3 | ESTRIBO DERECHO ABAJO | ESTRIBO ED1 | Hormigón | REDONDA | 5 | 19.63 | 704 | 320.00 |
| 4 | ESTRIBO DERECHO ARRIBA | ESTRIBO ED2 | Hormigón | REDONDA | 5 | 19.63 | 1152 | 523.64 |
| 5 | TABLERO LADO IZQ. | TABLERO T1 | Hormigón | REDONDA | 5 | 19.63 | 1170 | 531.82 |
| 6 | TABLERO CENTRO | TABLERO T2 | Hormigón | REDONDA | 5 | 19.63 | 1426 | 648.18 |
| 7 | TABLERO LADO DERECHO | TABLERO T3 | Hormigón | REDONDA | 5 | 19.63 | 2793 | 1269.55 |

Tabla 2.9 Ensayos de Adherencia.
Fuente: Autor.

| N | Elemento | Adherencia obtenida (Kg/cm ²) | Adherencia (Mpa) | Resistencia Asociada (Kg/cm ²) | Tipo de Falla | Observaciones |
|---|-------------|---|------------------|--|---------------|-----------------------------|
| 1 | ESTRIBO EI1 | 34.2 | 3.4 | 342.2 | 100% hormigón | Cumple ACI refuerzo externo |
| 2 | ESTRIBO EI2 | 25.3 | 2.5 | 253.5 | 100% hormigón | Cumple ACI refuerzo externo |
| 3 | ESTRIBO ED1 | 16.3 | 1.6 | 163.0 | 100% hormigón | Cumple ACI refuerzo externo |
| 4 | ESTRIBO ED2 | 26.7 | 2.6 | 266.7 | 100% hormigón | Cumple ACI refuerzo externo |
| 5 | TABLERO T1 | 27.1 | 2.7 | 270.9 | 100% hormigón | Cumple ACI refuerzo externo |
| 6 | TABLERO T2 | 33.0 | 3.2 | 330.1 | 100% hormigón | Cumple ACI refuerzo externo |
| 7 | TABLERO T3 | 64.7 | 6.3 | 646.6 | 100% hormigón | Cumple ACI refuerzo externo |
| | | Promedio | 3.2 | 324.7 | | |

Tabla 2.10 Resultados Obtenidos Adherencia.
Fuente: Autor

2.2.3.3. Estudio del Acero

▪ Descripción de Armaduras

Como resultado de la inspección con el escáner se tiene una distribución de estribos cerrados con varillas de 8 mm de diámetro con un espaciamiento de 25 cm longitudinalmente en la losa, mientras que la armadura consta de aceros longitudinales de 32 mm de diámetro espaciados 18 cm con un recubrimiento de 2.5 cm, además aceros transversales con un diámetro de 14 mm espaciados cada 25 cm.

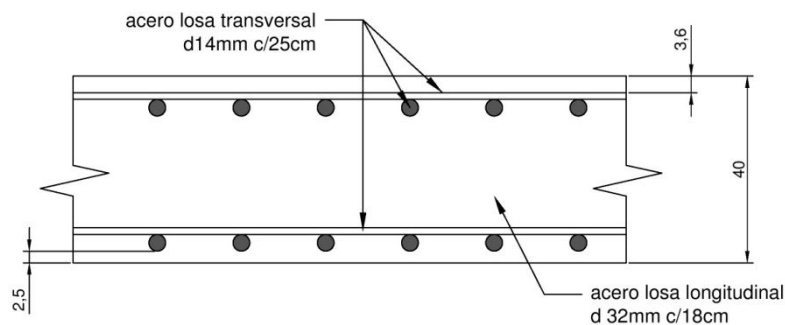


Ilustración 2.7 Distribución de aceros en la losa. Vista Frontal.

Fuente: Autor

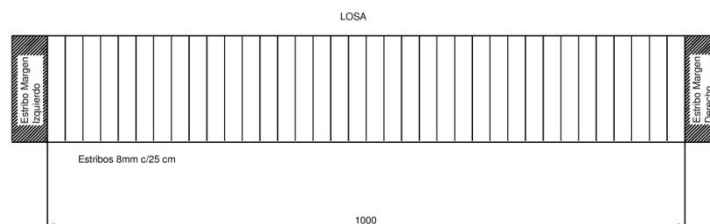


Ilustración 2.8 Distribución de aceros en la losa. Vista Lateral.

Fuente: Autor

2.2.3.4. Estudio de Patologías Varias

Apoyados en una visita de campo se procede a registrar las patologías presentes en cada uno de los elementos estructurales definiendo zonas mediante una grilla que nos permitirá localizar los diferentes daños.

▪ **Estribo Izquierdo.**

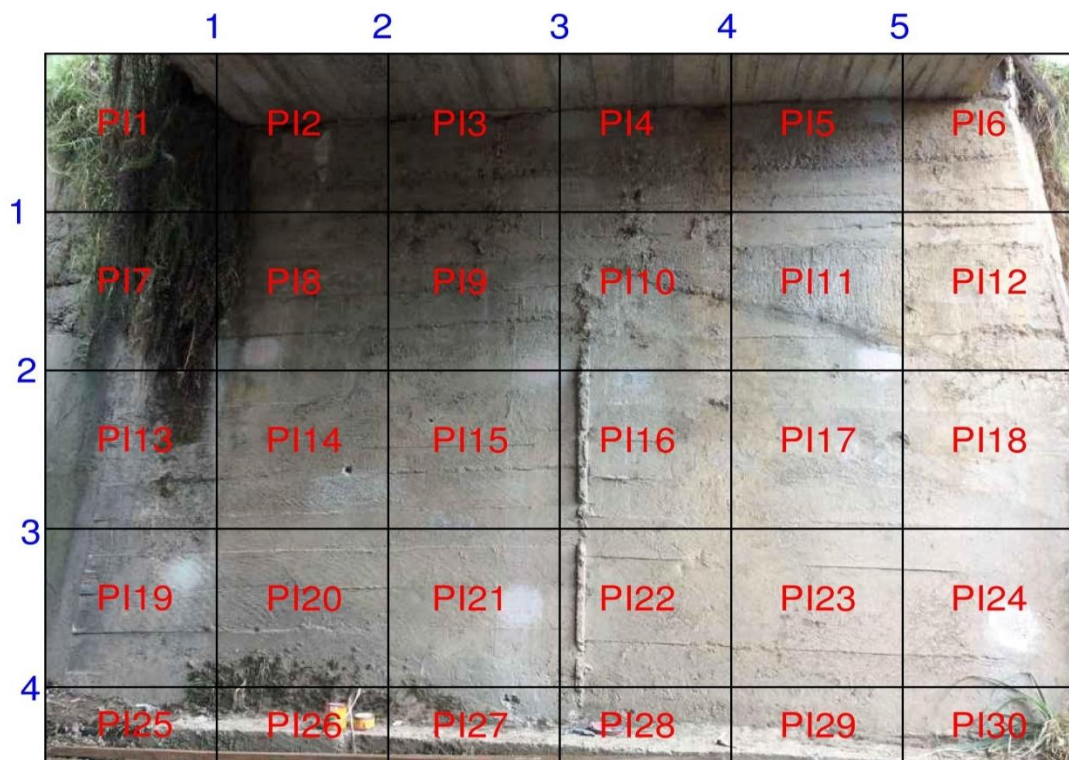


Ilustración 2.9 Localización de Patologías Varias – Estribo Izquierdo.

Fuente: Autor

| ZONA # | PATOLOGIAS | OBSERVACIONES | ZONA # | PATOLOGIAS | OBSERVACIONES |
|--------|------------|-------------------------|--------|------------|-------------------------|
| PI01 | F2 | | PI16 | *** | |
| PI02 | C1-C4-F2 | Elevación de Corona | PI17 | *** | |
| PI03 | C1-C4 | Elevación de Corona | PI18 | *** | |
| PI04 | C1-C4-F2 | Elevación de Corona | PI19 | F2 | |
| PI05 | C1-C4 | Elevación de Corona | PI20 | F2 | |
| PI06 | C1-C4 | Elevación de Corona | PI21 | *** | |
| PI07 | F2 | | PI22 | *** | |
| PI08 | F2 | | PI23 | *** | |
| PI09 | F2 | | PI24 | *** | |
| PI10 | C4-F2 | Construcción dos etapas | PI25 | F2 | Hongos, microorganismos |
| PI11 | C4 | Construcción dos etapas | PI26 | F2 | Hongos, microorganismos |
| PI12 | C4 | Construcción dos etapas | PI27 | F2-F3 | Hongos, microorganismos |
| PI13 | F2 | | PI28 | *** | |
| PI14 | F3 | | PI29 | *** | |
| PI15 | *** | | PI30 | F2 | Maleza del sector |

Tabla 2.11 Descripción de Patologías por zonas - Estribo Izquierdo.

Fuente: Autor

▪ **Estribo Derecho.**

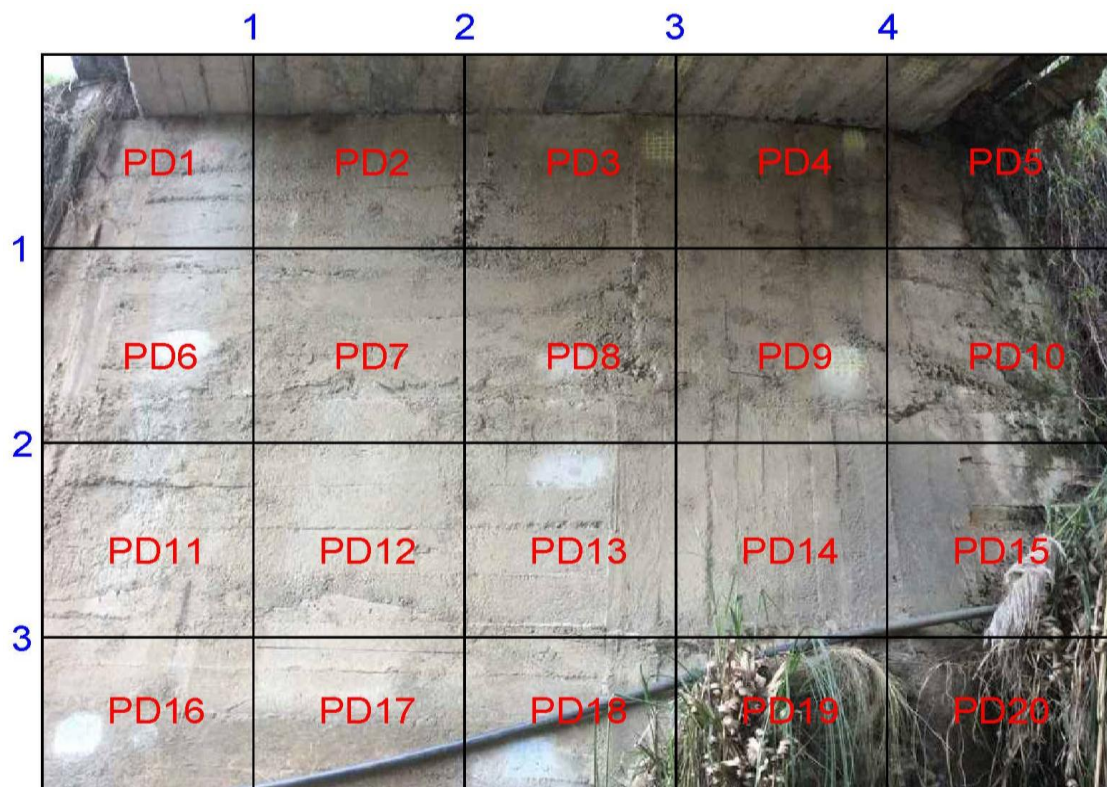


Ilustración 2.10 Localización de Patologías Varias – Estribo Derecho.

Fuente: Autor

| ZONA # | PATOLOGIAS | OBSERVACIONES | ZONA # | PATOLOGIAS | OBSERVACIONES |
|--------|------------|-------------------|--------|------------|-------------------|
| PD01 | F2 | Maleza del sector | PD11 | C1-C4 | |
| PD02 | *** | | PD12 | *** | |
| PD03 | C1 | | PD13 | *** | |
| PD04 | *** | | PD14 | *** | |
| PD05 | F2 | | PD15 | C1-F2 | |
| PD06 | C1 | | PD16 | *** | |
| PD07 | *** | | PD17 | *** | |
| PD08 | C1 | | PD18 | *** | |
| PD09 | C1 | | PD19 | C1-F2 | Maleza del sector |
| PD10 | F2-C4 | Maleza del sector | PD20 | F2 | Maleza del sector |

Tabla 2.12 Descripción de Patologías por zonas - Estribo Derecho.

Fuente: Autor

▪ Tablero.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
| 2 | T12 | T13 | T14 | T15 | T16 | T17 | T18 | T19 | T20 | T21 | T22 |
| 3 | T23 | T24 | T25 | T26 | T27 | T28 | T29 | T30 | T31 | T32 | T33 |
| 4 | T34 | T35 | T36 | T37 | T38 | T39 | T40 | T41 | T42 | T43 | T44 |
| | T45 | T46 | T47 | T48 | T49 | T50 | T51 | T52 | T53 | T54 | T55 |

Ilustración 2.11 Localización de Patologías Varias – Tablero.
Fuente: Autor



| ZONA # | PATOLOGIAS | OBSERVACIONES | ZONA # | PATOLOGIAS | OBSERVACIONES | ZONA # | PATOLOGIAS | OBSERVACIONES |
|--------|------------|-------------------|--------|------------|-------------------|--------|------------|-------------------|
| T01 | *** | | T21 | *** | | T41 | *** | |
| T02 | *** | | T22 | C5 | | T42 | C2 | |
| T03 | *** | | T23 | *** | | T43 | C2 | |
| T04 | *** | | T24 | F1-C2 | Oxidación visible | T44 | *** | |
| T05 | *** | | T25 | F1-C2 | Oxidación visible | T45 | *** | |
| T06 | *** | | T26 | *** | | T46 | *** | |
| T07 | *** | | T27 | C1 | | T47 | *** | |
| T08 | *** | | T28 | C1 | | T48 | *** | |
| T09 | *** | | T29 | *** | | T49 | *** | |
| T10 | *** | | T30 | F1 | Oxidación visible | T50 | *** | |
| T11 | *** | | T31 | C2 | | T51 | F1-C2 | Oxidación visible |
| T12 | *** | | T32 | *** | | T52 | C5 | Acero Descubierto |
| T13 | F1 | Oxidación visible | T33 | *** | | T53 | *** | |
| T14 | F1 | Oxidación visible | T34 | *** | | T54 | *** | |
| T15 | *** | | T35 | C1 | | T55 | *** | |
| T16 | C1 | | T36 | F1 | Oxidación visible | | | |
| T17 | C2 | | T37 | *** | | | | |
| T18 | *** | | T38 | *** | | | | |
| T19 | F1-C5 | Acero Descubierto | T39 | *** | | | | |
| T20 | C1 | | T40 | F1 | Oxidación visible | | | |

Tabla 2.13 Descripción de Patologías por Zonas – Tablero.
Fuente: Autor

▪ **Daños Adicionales.**

- En el alerón aguas arriba del estribo izquierdo, se encuentra la descarga de la cuneta de la vía, lo que está generando desgaste en el hormigón, se recomienda entubar la descarga.



Ilustración 2.12 Descarga de cunetas.

- En el alerón aguas abajo del estribo derecho, se aprecia una construcción inadecuada de juntas frías, al parecer en varias etapas.



Ilustración 2.13 Construcción inadecuada de juntas frías.

- Socavación, en los dos estribos hay gradas como medidas de protección para la socavación, las cuales se ven desgastadas pero la masa de los estribos no. Entonces las medidas de protección han sido efectivas.



Ilustración 2.14 Socavación - Margen Izquierdo.



Ilustración 2.15 Socavación - Margen Derecho.

Fuente: Autor



2.2.4. Conclusiones

Como se observa en los resultados de la Tabla 2.1 todas las lecturas no sobrepasan el valor de 200 mV, además el promedio está en 83 mV, lo que indica claramente que la probabilidad de corrosión activa es muy baja, menor al 10%. Por ende los aceros están en un estado activo cumpliendo de forma adecuada su función estructural.

Como resultado de los ensayos de extracción de núcleos se obtiene una resistencia cilíndrica de $f'_c = 234.23 \text{ kg/cm}^2$ y la resistencia que nos muestra el ensayo de esclerometría es $f'_c = 218.69 \text{ kg/cm}^2$.

Analizando la Tabla 2.8 se concluye que el hormigón no mantiene una homogeneidad, es decir es un hormigón que se elaboró sin respetar todos los controles de calidad necesario razón por la cual se obtuvieron resistencia a compresión simple que están en un rango de 100 a 300 kg/cm^2 , lo que evidencia una falta de seguimiento adecuado en los procesos constructivos.

Para cálculos o análisis del puente San Ramón se tomará el valor promedio de resistencia a compresión simple de 260 kg/cm^2 .

En cuanto a los ensayos de adherencia, el valor obtenido de la resistencia a tensión promedio es de 3.2 Mpa siendo este superior a 1.4 Mpa valor referente que recomienda el ACI 440 para refuerzos adheridos.

En base al ensayo se puede concluir que el hormigón es apto para un repotenciamiento de la estructura.

Para las patologías varias, esencialmente sería necesaria una capa de mortero que evite que los daños avancen y comprometan el funcionamiento de la estructura.



2.3. Evaluación Funcional y de Tránsito

2.3.1. Introducción

La evaluación funcional se realiza con el propósito de conocer el nivel de servicio del puente y obtener el TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) de la carretera, datos que son indicadores directos para determinar si la necesidad de ampliación de la estructura es real o a su vez se tendrían que considerar otras alternativas.

2.3.1.1. Nivel de Servicio del Puente San Ramón.

El nivel de servicio de una carretera es una calificación de la calidad del servicio que presenta en un momento dado, considera principalmente la velocidad media de operación de los vehículos, aunque también el tiempo de viaje, las interrupciones de flujo, la libertad de maniobra, la comodidad para manejar, la seguridad, etc. Se identifican cinco niveles de servicio en el intervalo de condiciones de operación que se presentan, desde el flujo libre con volumen de tránsito bajo hasta el flujo restringido con altos volúmenes en una carretera de buenas características. [3]

Debido a que el puente forma parte de una carretera, en caso de que este se encuentre en malas condiciones afectaría al nivel de servicio de la misma. Dado que este estudio se refiere a la estructura del puente, se realizara la cuantificación de este parámetro únicamente sobre dicha estructura.

2.3.1.2. TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual)

El Tráfico Promedio Diario Anual es la unidad de medida en el tráfico de una carretera. Esta medición se realiza en una vía de dos sentidos de circulación, a partir de observaciones puntuales de tráfico y de los factores de variación. [4] Por la falta de datos registrados se ve conveniente realizar un conteo manual por un periodo de observación de 7 días seguidos en una semana ordinaria debido a que no se pueden realizar conteos automáticos por la falta de los equipos.

2.3.2. Materiales y Métodos

Para esta evaluación funcional se lleva un registro con fichas técnicas en las que se realiza el levantamiento de la información. Para analizar el nivel de servicio se propone una ficha en la que se apunta la velocidad de circulación (Anexo 2) y una ficha de censo volumétrico de tráfico para el TPDA (Anexo 3).

El nivel de servicio se determina mediante la obtención de la velocidad máxima de circulación. Dicha velocidad está asociada al tiempo y a la distancia en que un vehículo atraviesa un tramo determinado a una velocidad

aproximadamente constante. Para el levantamiento de esta información empleamos el método de dos observadores, que requiere que estos se ubiquen al filo de la vía; al tiempo que un vehículo de la muestra pasa por la posición del primer observador, este levanta su brazo, y el segundo observador comienza a cronometrar, deteniendo el cronometro, tan pronto como el vehículo llegue a su posición. La distancia escogida debería ser mínima 100 metros.

El TPDA, para la determinación de este parámetro es necesario realizar conteos vehiculares que nos permitan conocer el nivel de tráfico existente. Para este estudio se realiza un conteo de 7 días durante 16 horas desde las 06:00 hasta las 22:00 de los días 16-17-18-19-20-21-22-23-24 de octubre, haciendo una diferenciación entre livianos y pesados, además tomando rangos de 15 minutos para cada medición.

2.3.3. Cálculos y Resultados

2.3.3.1. Nivel de Servicio

Se identifican cinco niveles de servicio:

| Características de los niveles de servicio para carreteras de 2 carriles | | | |
|--|----------------------|--|---------------------------|
| NIVEL DE SERVICIO | CONDICIÓN DE FLUJO | VELOCIDAD MÁXIMA DE CIRCULACIÓN (km/h) | VOLUMEN DE SERVICIO (vph) |
| A | Flujo libre | 100 | 500 |
| B | Flujo estable | 80 | 1200 |
| C | Flujo estable | 65 | 2000 |
| D | Flujo casi inestable | 55 | 2400 |
| E | Flujo inestable | 45 | 2800 |
| F | Flujo forzado | 40 | Variable (0 a máx.) |

Tabla 2.14 Características de los niveles de servicio para carreteras de 2 carriles.

Fuente: NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP, 2013.

El parámetro que define el nivel de servicio es la velocidad máxima de circulación por lo que se hizo un levantamiento de información en el campo con el método de los dos observadores descrito anteriormente.

Procesando estos datos se obtiene la velocidad máxima de circulación la cual se presenta en las siguientes tablas.

| Parámetros | LIVIANOS | PESADOS |
|-------------------------------------|--------------|--------------|
| Velocidad Media (Km/h) | 23.56 | 14.59 |
| Velocidad Máxima (Km/h) | 31.44 | 19.02 |
| Velocidad Mínima | 15.10 | 11.10 |
| Límite Máximo de Circulación (Km/h) | 30 | 20 |

Tabla 2.15 Resultados Velocidad de Circulación.

Fuente: Autor

Por lo tanto se observa que para el tramo de estudio el nivel de servicio es F, el cual es un flujo forzado, si bien este nivel se caracteriza por un tránsito completamente congestionado con operación de pare y siga, en esta vía debido a las pésimas condiciones que esta presenta el flujo y por ende el nivel de servicio se ve afectado de esta forma.

2.3.3.2. TPDA

Como se explicó para el TPDA, se realizó un conteo volumétrico de vehículos con el cual se realizó el análisis correspondiente, el cual está definido por la siguiente ecuación:

$$TPDA = T_p + T_D + T_d + T_G$$

Ecuación 2.1 Ecuación TPDA

En donde:

T_p = Tráfico proyectado, es un pronóstico de volumen y composición basado en el crecimiento normal de tráfico para un período de 15 a 20 años.

T_D = Tráfico desarrollado, es el que se produce debido al incremento de la producción de las tierras ubicadas en el área de influencia de la carretera, puede seguir incrementándose durante parte o todo el período de estudio.

T_d = Tráfico desviado, es el tráfico proveniente de otras carreteras que se da una vez que entre en servicio la vía mejorada.

T_G = Tráfico generado, es el tráfico que se produce una vez que las mejoras ocurren.

Entonces se calculan los siguientes parámetros:

Tráfico actual T_A .

$$T_A = \frac{\text{total de vehículos}}{\text{tiempo}} = 561$$

Ecuación 2.2 Tráfico Actual

Tráfico proyectado T_p .

i = Tasa de crecimiento (1%)

n = Período de proyección expresado en años (20 años)

$$T_p = T_A(1 + i)^n = 685.05$$

Ecuación 2.3 Tráfico Proyectado

Tráfico desarrollado T_D .

$$T_D = T_A(1 + i)^{n-3} = 664.90$$

Ecuación 2.4 Tráfico Desarrollado

Tráfico desviado T_d .

$$T_d = 0.20(T_p + T_D) = 269.99$$

Ecuación 2.5 Tráfico Desviado

Tráfico generado T_G .

$$T_G = 0.25(T_p + T_D) = 337.49$$

Ecuación 2.6 Tráfico Generado

Por lo tanto el TPDA es:

$$TPDA = T_p + T_D + T_d + T_G = 1957 \text{ vehículos}$$

Ecuación 2.7 Proyección TPDA

El resultado del análisis se muestra en la Tabla 2.16.

| TPDA | |
|----------------------|----------------|
| 2014 | 561 vehículos |
| Proyección (20 años) | 1957 vehículos |

Tabla 2.16 Resultados Cálculo del TPDA.
Fuente: Autor

Por lo tanto según el tráfico proyectado para 20 años, tenemos un valor de 1957 vehículos por día, el mismo que según el cuadro III – 2 RELACION FUNCIÓN, CLASE MOP Y TRAFICO del libro de NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS - 2003 emitido por el MOP la carretera es de Clase II, la cual está destinada a recibir el tráfico de los caminos vecinales, además sirve a poblaciones principales como lo es el cantón Sígusig.

| FUNCIÓN | CLASE DE CARRETERA (según MOP) | TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO) |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Corredor Arterial | RI-RII (2) | >8000 |
| | I | 3000 - 8000 |
| | II | 1000 - 3000 |
| Colectora | III | 300 - 1000 |
| | IV | 100 - 300 |
| Vecinal | V | <100 |

Tabla 2.17 RELACIÓN FUNCIÓN, CLASE MOP Y TRAFICO.
Fuente: NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRTERAS, 2003.



- (1) De acuerdo al nivel de servicio aceptable al final de la vida útil.
- (2) RI-RII-Autopistas

2.3.4. Conclusiones

Como se observa el flujo vehicular es restringido, esto no se debe a las interrupciones del tráfico sino a la pésima calidad de la carretera, como se explicó anteriormente el ingreso al Puente San Ramón se ve dificultado ya que sus dimensiones y su configuración con respecto a la vía no fue diseñada para abarcar el tipo de vehículos que circula por el lugar, (buses de transporte público).

Partiendo de los resultados obtenidos de los estudios tanto de TPDA como nivel de servicio que muestran un volumen considerable de tráfico, se ve la necesidad de la ampliación de la estructura, la cual facilitará el flujo de los vehículos sobre el Puente San Ramón y por ende en la vía pensando en futuro, el crecimiento del parque automotor y tráfico por la zona.

En un camino vecinal la sección típica mide unos 6.00m, lo cual no concuerda con la realidad que tenemos ya que el ancho del puente de 5.00m y el ancho de circulación de 4.00m por lo que es necesario una ampliación de su ancho para poder estar en las normas mínimas y que el flujo vehicular sea el adecuado y no presente dificultades al atravesar el puente.

2.4. Evaluación Ambiental

2.4.1. Introducción

La Evaluación del Impacto Ambiental hoy en día es indispensable para cualquier proyecto de construcción que se planee ejecutar, pues permite identificar en forma anticipada los efectos positivos y negativos que se pueden generar sobre el ambiente.

El objeto de este estudio es realizar un inventario de las condiciones actuales existentes en el lugar para posteriormente cuantificar y a la vez plantear medidas correctivas para disminuir o evitar los daños ambientales previstos o por otro lado optimizar los impactos positivos.

2.4.2. Materiales y Métodos

Se realiza un análisis del componente humano en el cual se destaca sus distintas ocupaciones laborales, la organización de sus asentamientos y una descripción a breves rasgos de la cobertura de servicios básicos en la zona. En cuanto al componente biótico se presenta tablas con información de la fauna y



la flora presentes, y para los componentes físicos se toma en cuenta el clima, hidrología y geología.

Posteriormente se identifican los impactos ambientales que se producen por el funcionamiento y mantenimiento del puente San Ramón sobre el río Alcacay con lo cual se puede sugerir las respectivas medidas de atenuación para impactos negativos o fortalecimiento de los positivos.

2.4.3. Cálculos y Resultados

2.4.3.1. Componente Humano

Según información censal del INEC, como en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del GAD de Sígsig se conoce que la principal actividad económica de los pobladores del lugar es la agricultura y ganadería, con un 41% de la PEA (población económicamente activa) dedicada a estas actividades; la construcción y labores de jornaleros están cubiertas por un 33% de la PEA. Otra actividad laboral que se destaca es la industria manufacturera y las artesanías con una participación del 14% de la PEA, hay que destacar que la mayoría de personas que realizan esta actividad lo hacen en sus propios hogares como es el claro ejemplo de la elaboración de sombreros de paja toquilla. En cuanto al comercio sólo el 5% de la PEA se dedica a esta actividad y por último empleos públicos y privados, minería y transporte representan el 7% de la ocupación de la PEA.

El nivel de consolidación de la demografía en el área de influencia del proyecto es netamente rural, además una población que no supera los 1000 habitantes que en su mayoría son mestizos. En cuanto a sus servicios básicos cuenta con suministros de agua potable, para la evacuación de aguas servidas recurren a fosas sépticas y la evacuación de aguas de lluvia se da por drenaje superficial, y el manejo de desechos sólidos es mediante barrido y recolección. Se cuenta con una red de energía eléctrica y red domiciliar de telefonía. En cuanto a vialidad y accesos son vías secundarias y su movilidad está cubierta por transporte público mayoritariamente.

2.4.3.2. Componente Biótico

En este sector existe un grado de intervención antrópica considerable y sin embargo aun se puede observar áreas cubiertas con su vegetación nativa.

▪ Flora

Según la "FICHA AMBIENTAL DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COMUNIDADES DE DACTE Y CALLANCAY PERTENECIENTE AL CENTRO CANTONAL DE SIGSIG", la zona de vida corresponde al Bosque seco

Montano-Bajo (bs-MB), en donde la vegetación natural de la zona estaría representada principalmente por especies como:

| Nombre común | Nombre científico |
|----------------|-------------------------------|
| Maíz | <i>Zea mays</i> |
| Frejol | <i>Phaseolus vulgaris</i> |
| Eucalipto | <i>Eucalyptus globulus</i> |
| Sigsal | <i>Cortaderia nitida</i> |
| Chilca | <i>Bactris latifolia</i> |
| Huicundo | <i>Bromelia sp.</i> |
| Kikuyo | <i>Penisetum clandestinum</i> |
| Paja | <i>Calamagrostis rigida</i> |
| Mora silvestre | <i>Rubus bogotensis</i> |
| Guaba | <i>Inga edulis</i> |
| Guayaba | <i>Psidium guajava</i> |
| Capulí | <i>Prunas serótina</i> |
| Chirimoya | <i>Annona cherimola</i> |

Tabla 2.18 Especies más comunes de flora en la zona

Fuente: FICHA AMBIENTAL DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COMUNIDADES DE DACTE Y CALLANCAY PERTENECIENTE AL CENTRO CANTONAL DE SIGSIG, 2014.

▪ Fauna

La presencia de fauna silvestre es muy escasa debido a la intervención antrópica, por lo tanto las especies que se pueden observar en la zona son:

| Nombres comunes | Nombres científicos |
|-----------------|--------------------------------|
| Conejo | <i>Sylvilagus brasiliensis</i> |
| Zorro | <i>Didelphys sp</i> |
| Raposo | <i>Pseudolalopex culpaeus</i> |
| Ratas | <i>Rattus rattus</i> |
| Perros | <i>Cannes sp</i> |
| Gatos | <i>Felis sp</i> |
| Quilillico | <i>Falco sparverius</i> |
| Tórtola | <i>Zenaida auriculata</i> |
| Chugo | <i>Pheucticus chysogaster</i> |
| Mirlo | <i>Turdus fuscater</i> |
| Gorrión | <i>Zonotrichea capensis</i> |
| Jilguero | <i>Carduelis magellanica</i> |

Tabla 2.19 Especies más comunes de fauna en la zona

Fuente: FICHA AMBIENTAL DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COMUNIDADES DE DACTE Y CALLANCAY PERTENECIENTE AL CENTRO CANTONAL DE SIGSIG, 2014.

2.4.3.3. Componentes Físicos

▪ Clima

El cantón Sígsig se encuentra enclavada en una meseta, rodeada de montañas, a una altitud aproximada de 2510 m.s.n.m., y la zona de estudio



está a una altitud aproximada de 2600 m.s.n.m., debido a lo cual posee un clima templado húmedo, la temperatura anual promedio oscila alrededor de los 12°C, y la precipitación anual promedio es alrededor de los 720 mm aproximadamente.

▪ **Hidrología**

El río Alcacay, en la zona donde se realiza el estudio, presenta un grado de contaminación prácticamente imperceptible al encontrarnos en una zona de montaña, salvo las descargas de aguas lluvias provenientes de cunetas y ciertas aguas residuales de algunas viviendas que se encuentran en sus cercanías. A más de estos factores no presenta mayores elementos contaminantes. Sin embargo, la clave para la micro-cuenca en sí, sería tomar medidas de protección y reforestación de manera que sus recursos puedan ser administrados de mejor manera.

Al encontrarse la micro-cuenca en una zona Andina origina una multiplicidad de condiciones hidro-meteorológicas, por las variadas características fisiográficas que presenta el sistema montañoso.

En la sección 3.4.2.1 Hidrología se presenta el estudio hidrológico realizado para este proyecto para consultar mayor información.

▪ **Geología**

En la zona de montaña se observa taludes con pendientes considerables que pueden suponer un problema en cuanto a deslizamientos y erosión del terreno. En las cercanías justamente se observan ciertos deslizamientos de tierra, que pueden suponer una alarma y por lo cual es necesario un estudio geotécnico de la zona el cual se muestra en la sección 3.3 Estudios Geotécnicos. Se puede acotar que en el lugar se observan esquistos verdes y rocas de origen tobáceo, igualmente el río Alcacay presenta bloques (de origen tobáceo) de unos 60cm de diámetro aproximadamente.

2.4.3.4. Identificación y Valoración de los Impactos Ambientales.

Debido a que el proyecto trata sobre la ampliación de un puente ya existente, nos concentraremos en identificar y valorar los impactos producidos por dicha obra, a la vez de la incidencia que puede generar la ampliación y todos sus beneficios e impactos negativos. Entonces el objeto es identificar los impactos haciendo esta diferenciación de etapas: Puente existente, y Ampliación y Reforzamiento del puente.



A continuación presentamos matrices cromáticas en las que se indica los valores de los impactos ambientales y la interpretación correspondiente de las leyendas.






| Color | Categoría |
|---|------------------------|
|  | Inapreciable |
|  | No significativo |
|  | Moderado |
|  | Significativo Negativo |
|  | Significativo Positivo |
|  | No Aplica |

Tabla 2.20 Interpretación de colores.
Fuente: Autor



| Matriz Efecto-Causa del Puente San Ramón (existente). | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----------------|-----------|---------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------|--|--|
| | | | | | ACTIVIDADES DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | FASE DE CONSTRUCCIÓN | | | | | | | FASE DE OPERACIÓN | | | | | | |
| | | | | | Desvío del río | Movimiento de tierras | Construcción de la infraestructura | Construcción de la cercha | Construcción de la super estructura | Construcción de muros | Tránsito de personas | Tráfico de vehículos | Tráfico de personas | Entra en funcionamiento | Seguridad | Salud | | |
| CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO | Medio | Abióticos | Agua | Cantidad | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Calidad | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Escorrentía | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Drenaje | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Aire | Cuencas | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ruido | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Partículas | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Suelo | Pendientes | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Erosión | | | | | | | | | | | | | |
| | | Sedimentació | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bióticos | Fauna | Especies | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Especies | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Flora | Cobertura | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Cultivos | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Especies | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Socioeconómico | Población | Nivel de vida | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Empleos | | | | | | | | | | | | | | |
| Aceptabilidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paisaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 2.21 Matriz Efecto-Causa Puente San Ramón (existente).

Fuente: Autor



| Matriz Efecto-Causa Ampliación y Reforzamiento del Puente San Ramón. | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------|---------------|------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------|-------|
| | | | | | ACTIVIDADES DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | |
| | | | | | FASE DE CONSTRUCCIÓN | | | | | | | FASE DE OPERACIÓN | | | | |
| | | | | | Desvío del río | Movimiento de tierras | Construcción de la infraestructura | Construcción de la cercha | Construcción de la super estructura | Construcción de muros | Tránsito de personas | Tráfico de | Tráfico de personas | Entra en funcionamiento | Seguridad | Salud |
| CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO | Medio | Abióticos | Agua | Cantidad | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Calidad | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Escorrentía | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Drenaje | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Cuencas Hídricas | | | | | | | | | | | | |
| | | | Aire | Ruido | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Partículas | | | | | | | | | | | | |
| | | | Suelo | Pendientes | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Erosión | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Sedimentación | | | | | | | | | | | | |
| | | Bióticos | Fauna | Especies raras | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Especies | | | | | | | | | | | | |
| | | | Flora | Cobertura | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Cultivos | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Especies raras | | | | | | | | | | | | |
| | Socioeconómico | Población | Nivel de vida | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Empleos | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Aceptabilidad | | | | | | | | | | | | | |
| | | Paisaje | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 2.22 Matriz Efecto-Causa Ampliación y Reforzamiento.

Fuente: Autor



2.4.4. Conclusiones

Debido a que ya existe la estructura, la ampliación no traerá consigo impactos negativos importantes, por el contrario estos tienen un significativo valor positivo, debido a lo cual recomendamos simplemente una práctica constructiva adecuada de forma que las molestias ocasionadas en esta etapa sean reducidas al mínimo.

El nivel de vida y los empleos se ven influenciados de forma positiva al darse la implementación de este proyecto el cual facilita la movilidad y obviamente que esta se realice de forma más confortable y esto acarrea que la salud y seguridad de los moradores también mejore.



3. Estudios y Recopilación de Información del Sector.

3.1. Antecedentes

El objetivo del estudio es presentar un diseño para la ampliación del Puente San Ramón, es decir debemos partir del hecho que tenemos una estructura existente desde hace unos 20 años, por ende es práctico tomar en cuenta ciertas consideraciones con las que se montó dicha estructura en aquel entonces, sin embargo, se debe comprobar que la cota de cimentación es la adecuada, que los estribos no significan un obstáculo mayor para el desagüe del flujo y que los caudales no pongan en riesgo la estructura.

Es decir se realiza un estudio somero al realizar el levantamiento de esta información, de modo que nos permita valorar dificultades y bondades de la zona para establecer los diseños de ampliación. Se busca identificar el tipo de suelo, hacer un levantamiento que muestre la topografía del lugar de emplazamiento y sus alrededores, conocer caudales máximos del río Alcacay que fluyen bajo el puente; sabiendo que son parámetros naturales que necesitan ser manejadas adecuadamente y teniendo en cuenta que varían con el tiempo para tomar las medidas necesarias de seguridad.

3.2. Estudios Topográficos

3.2.1. Introducción

Un estudio topográfico se realiza con la finalidad de representar en un formato adecuado los relieves, estructuras, pendientes y demás variables que encontramos en el campo y ubicar puntos de referencia importantes; información que permita analizar las condiciones con las que se debe trabajar en miras de elaborar un diseño adecuado y que cumpla con los requerimientos que exige un trabajo de este tipo.

La información final es presentada en planos topográficos con curvas de nivel a intervalos de 1m y el levantamiento contemplará tanto los accesos al puente (tramo de la carretera) como el cauce del río.

Previo a realizar el levantamiento topográfico se hizo una visita de campo para identificar puntos conflictivos, accesos y compatibilidad entre la estructura y la vía.

3.2.2. Materiales y Métodos

Una vez estando en el campo se realiza el levantamiento, registrando puntos en dirección longitudinal que definan la carretera (siguiendo el sentido de su eje), y en dirección transversal (el sentido del río).



De igual forma se registran los elementos estructurales del puente, con el objetivo de poder definir su geometría y su ubicación.

3.2.3. Cálculos y Resultados

Los trabajos de topografía fueron efectuados mediante una estación total de alta precisión. A continuación se destacan los puntos de interés que nos definen la vía y el río para nuestro caso de estudio.

| DESCRIPCIÓN | | NORTE (m) | ESTE (m) | ELEVACIÓN |
|------------------|--------------|------------|-----------|-----------|
| Puente San Ramón | Inicio | 9661978.93 | 746291.69 | 2615.79 |
| | Fin | 9661970.16 | 746295.72 | 2616.18 |
| Vía a Dacte | Inicio | 9661969.11 | 746238.65 | 2612.18 |
| | Fin | 9661933.54 | 746289.00 | 2618.70 |
| Río Alcacay | Aguas Arriba | 9661989.72 | 746327.33 | 2623.54 |
| | Aguas Abajo | 9661948.46 | 746260.84 | 2607.09 |

3.2.4. Conclusiones

El puente está ubicado entre las comunidades de Portul y Dacte, se encuentra en una zona montañosa y el río que fluye bajo él es de alta pendiente. Pudimos comprobar que su configuración e implantación sobre la carretera crea conflictos para el flujo de vehículos (transporte pesado), debido a sus dimensiones. Corroborando así que es necesaria una ampliación para mejorar su servicio.

Con los datos tomados de campo nos podemos hacer una idea de las condiciones en las que estamos trabajando. De igual forma es útil para definir la cota de cimentación que se usará para la ampliación del puente, pudiendo ubicar los estratos y analizar de la forma más conveniente sobre cual se asentará la obra.

3.3. Estudios Geotécnicos

3.3.1. Introducción

Dado que el suelo es el sustento de la mayoría de obras civiles, es necesario estudiarlo y determinar sus características de forma que nos brinde los parámetros necesarios a fin de utilizar sus propiedades para beneficio de las estructuras que se pretende emplazar en el mismo.

El presente estudio geotécnico tiene como finalidad el determinar la configuración y capacidad portante del subsuelo, ubicar el nivel de cimentación,



especificar las características geotécnicas del sitio y definir el tipo y la forma de las cimentaciones que se utilizarán para la ampliación del puente.

El puente existente tiene sus cimientos ubicados a cierto nivel, entonces se pretende comprobar que dicho nivel es útil para las obras de ampliación o en caso de ser necesario definir la nueva cota de cimentación.

3.3.1.1. Geología General del Cantón Sígsig.

Según datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Sígsig, (Figura 3.1) se puede observar que en el lugar se encuentran emplazadas cuatro formaciones geológicas bien definidas:

Formación Pisayambo (MPLP)
Unidad Chigüinda (PZC)
Unidad Alao – Paute (JAa)
Tr()

Formación Pisayambo (MPLP):

La formación Volcánicos Pisayambo, pertenece al período Mioceno y Plioceno, es de origen volcánico, se puede observar en la mayor parte del territorio Cantonal, 70.57% de la superficie Cantonal, está localizada principalmente en las parroquias Jima, San José de Raranga, Ludo y San Bartolomé, y en menor proporción en las parroquias Cuchil, San Sebastián de Sígsig y Güel.

La formación Pisayambo, está compuesta de una gruesa y extensa brecha volcánica. En la unidad interior, se caracteriza por el predominio de piroclastos, así como también tobas con algunas lavas; en la parte superior prevalecen flujos masivos de lavas basálticas andesíticas.

Esta formación cubre grandes áreas de la Cordillera en la parte central del Ecuador, también se encuentra en varias zonas del Valle Interandino. En esta formación podemos encontrar materiales como Andesitas, Riolitas y Piroclastos. [5]

Unidad Chigüinda (PZC).

La segunda formación en importancia por su extensión es la Unidad Chigüinda, ocupa el 13.96% del territorio Cantonal, pertenece al período Paleozoico, está localizada principalmente en las parroquias Cuchil y San Sebastián de Sígsig. Esta formación se ubica en la zona oriental del Cantón, en las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes. Encontrando y cuarcitas principalmente, como se puede observar en el mapa.

Esta formación unidad domina la parte sur de la Cordillera Real y constituye parte de la serie no diferenciada de Zamora (Kennerley 1973). Su litología comprende pizarras y cuarcitas, esencialmente cuarcitas y filitas negras, como una secuencia semipelítica. En la parte Sur forma un cinturón de rocas de más de 30 Km de ancho, acuñándose hacia el norte, está en contacto tectónico con el granito Tres Lagunas, hacia el Este y la migmatita sabanilla hacia el Oeste. La unidad Chigüinda fue derivada de una fuente continental, probablemente en una cuenca intracratónica o un ambiente de margen pasivo. Esta Unidad aflora a lo largo de los drenajes de la parte oriental de la zona y la carretera Loja-Zamora. [5]

Unidad Alao - Paute. (JAa)

Otra formación que se puede observar en el territorio es la Aloag - Paute, ocupa el 6.32% de la superficie Cantonal, esta formación pertenece al periodo Jurásico, aflora en el sector nor-este del Cantón, está localizada principalmente en la parroquia Güel y en menor proporción en el centro de San Sebastián de Sígusig y al Norte de San Bartolomé y Cuchil.

Esta formación está constituida principalmente por cinturones de rocas verdes, de la Unidad Aloag, las cuales exhiben pronunciada esquistosidad. Los contactos con las adyacentes unidades de El Pan y Maguazo, se consideran tectónicos. La litología varía desde meta-volcanitas con débil metamorfismo, lavas masivas y filitas verdes de probable origen tobáceo, hasta esquistos verdes, pelíticos, cuarcitas y mármoles en la fase de esquisto verde.

El terreno Aloag, es esencialmente un cinturón de esquisto verde de más de 35km de ancho, aflora a lo largo de las pendientes al oeste de la cordillera (Litherland et al., 1994). Esta limitado al este por el frente Baños con el terreno Loja, al oeste por la falla Peltetec con el terreno Guamote y al Sur con el terreno Amotape (Aspden&Litherland, 1992). La subdivisión Peltetec es una zona delegada de 1 a 2 Km de ancho expuestas en la pendiente de la cordillera en el extremo occidental, a lo largo de la falla Peltetec, que es interpretada como una secuencia ofiolítica.

Geoquímicamente, su origen es de arco volcánico. Edades K-Ar en filitas de ésta unidad cubren un amplio rango jurásico. [5]

Tr()

Finalmente la última formación presente en el cantón Sígusig no tiene nombre, ocupa el 9.15% del territorio Cantonal, esta formación pertenece al periodo Triásico, está localizada principalmente al sur de la parroquia Güel y continúa como una franja que atraviesa de norte a sur, el centro de San Sebastián de Sígusig y Cuchil, en menor proporción se encuentra en la zona central de Jima.



La litología de esta formación comprende Granito Genésico Peralumínico. [5]

El puente objeto de nuestro estudio se encuentra sobre la *formación Alao-Paute*.

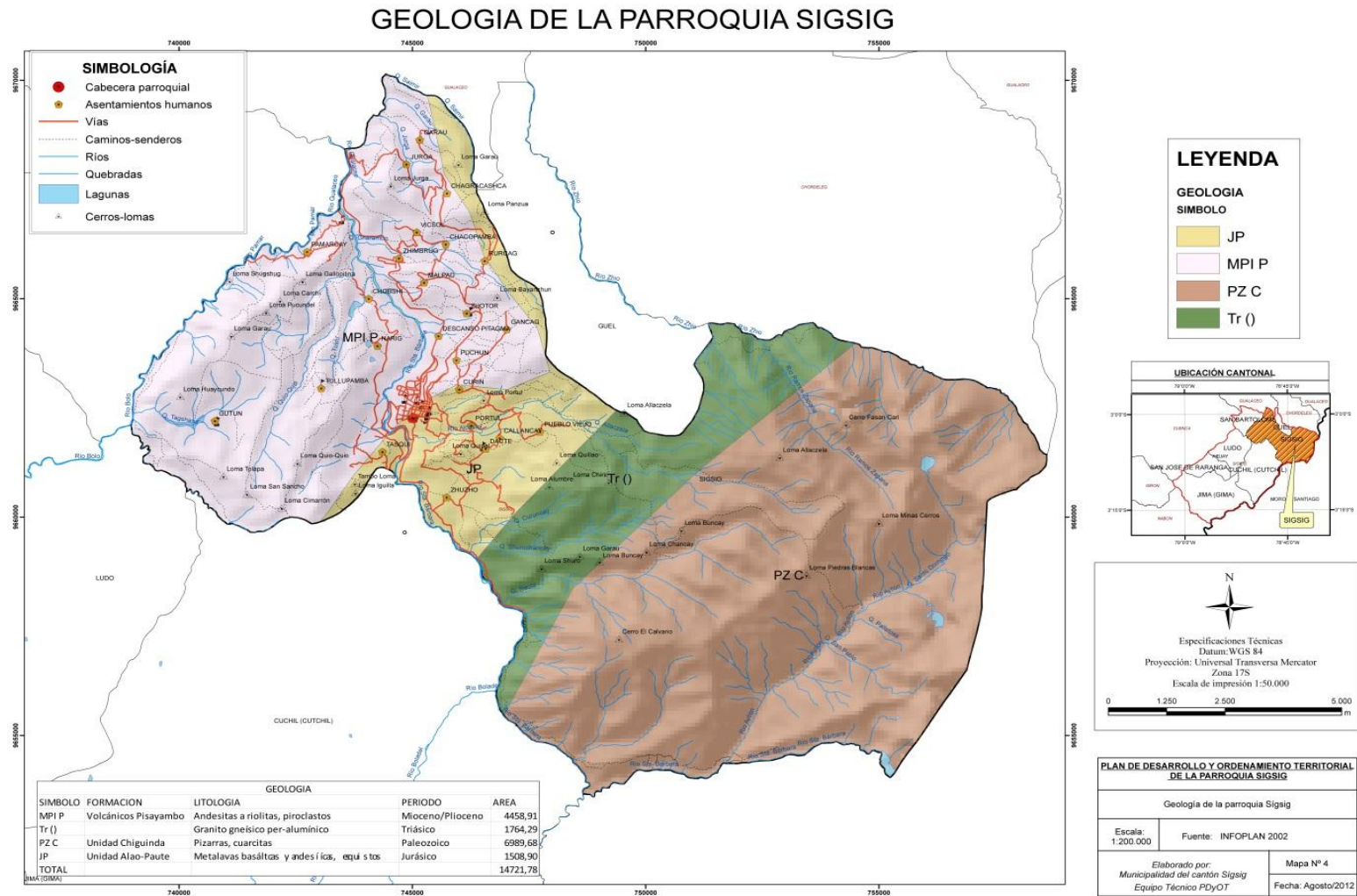


Figura 3.1 GEOLOGIA DE LA PARROQUIA SIGSIG.
Fuente: PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTON SIGSIG, 2012.

3.3.2. Materiales y Métodos

En el presente estudio se desarrolla una investigación del subsuelo del lugar, para lo cual se ubica los sitios de exploración subsuperficial a través de calicatas o pozos a cielo abierto en cada margen del puente de donde se obtendrán los perfiles estratigráficos de cada sitio con sus respectivas muestras de material. Las muestras son analizadas en el laboratorio mediante ensayos físicos que determinen el tipo de material presente y la posible capacidad portante.

En cada margen del río se realizara una excavación hasta una profundidad que permita investigar el nivel probable de cimentación con el objeto de determinar la estratigrafía y los espesores de cada capa para obtener la capacidad de carga de los estratos y la cota de cimentación.

Mediante la clasificación de los suelos, se elaborará perfiles geotécnicos que permitan visualizar la disposición de los estratos.

Las pruebas índice nos ayudan a clasificar y caracterizar los suelos, identificando los materiales que están presentes y su estructura. Los suelos pueden ser de 4 tipos: arenas y gravas, limos, arcillas, materia orgánica.

Es necesario realizar pruebas de contenido de humedad natural (ASTM D2216), plasticidad a través de los Límites de Atterberg: límite líquido (ASTM 423-66) y límite plástico (ASTM 424-59) y distribución granulométrica (ASTM D422-63).

Una vez realizados los ensayos y mediante los métodos de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System (SUCS), se determinará la clasificación de los suelos.

Además se evaluará la capacidad admisible del suelo y los parámetros geotécnicos para el diseño de la cimentación utilizando expresiones propuestas por Meyerhoff:

$$q_u = c N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Ecuación 3.1 Capacidad de Carga última-Meyerhoff.

dónde:

c = cohesión

q = esfuerzo efectivo al nivel de fondo de la cimentación

γ = peso específico del suelo

B = ancho de la cimentación

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$ = factores de forma

F_{cd}, F_{qd}, F_{yd} = factores de profundidad

F_{ci}, F_{qi}, F_{yi} = factores de inclinación de la carga

N_c, N_q, N_y = factores de capacidad de carga

Ver Anexo 4

3.3.3. Cálculos y Resultados

Se perforaron dos calicatas, uno a cada margen del río; identificadas como C1 la calicata al margen izquierdo del río y C2 la ubicada al margen derecho del río. En la Tabla 3.1 vemos las profundidades de las perforaciones.

| POZO | PROFUNDIDAD |
|------|-------------|
| C1 | 4 |
| C2 | 3 |

Tabla 3.1 Profundidad de Calicatas.

Fuente: Autor



Ilustración 3.1 Ubicación de Calicatas.

Fuente: Autor

▪ Caracterización del Suelo.

Se recuperaron dos muestras de cada pozo para su respectiva clasificación, en la C1 se tomó una muestra del estrato que la identificamos a una profundidad de 2.5 metros y la muestra del segundo estrato se tomó a una profundidad de 4 metros, mientras que en la C2 se tomó una primera muestra a 1 metro de profundidad y la segunda a los 3 metros.



Ilustración 3.2 Calicata 1
Fuente: Autor



Ilustración 3.3 Calicata 2
Fuente: Autor

Una vez identificados los materiales de cada pozo se procedió a realizar el trabajo de laboratorio en el que se clasificó el material y se determinaron los límites de Atterberg, obteniéndose los siguientes resultados.

PROYECTO: AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

UBICACIÓN: Puente San Ramón

PERFORACIÓN: C1

FECHA: 19/01/2015

PROFUNDIDAD: 2.5 m a 4 m

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

| GRANULOMETRIA | | | | |
|---------------|-----------------------|-------------------------|------------|------------|
| Tamiz | Peso Retenido Parcial | Peso Retenido Acumulado | % Retenido | % Que Pasa |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N° 4 | 47.00 | 47.00 | 12.70 | 87.30 |
| N° 10 | 67.00 | 114.00 | 30.81 | 69.19 |
| N° 40 | 113.00 | 227.00 | 61.35 | 38.65 |
| N° 100 | 109.00 | 336.00 | 90.81 | 9.19 |
| N° 200 | 33.00 | 369.00 | 99.73 | 0.27 |
| Pasa N° 200 | 1.00 | 370.00 | 100.00 | 0.00 |
| Total | 370.00 | | | |

CLASIFICACIÓN

| | |
|----------------|--|
| SUCS: | Arena mal graduada SP |
| AASHTO: | A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa |

| | |
|-----------------------------|-------|
| HUMEDAD NATURAL (%): | 23.23 |
| LIMITE LÍQUIDO (%): | 35.32 |
| ÍNDICE PLÁSTICO: | 9.92 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 0 |

| HUMEDAD NATURAL | | | | | | |
|-----------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|
| N° Tarro | N° Golpes | Peso Húmedo | Peso Seco | Peso Tarro | % Humedad | % Promedio |
| 28 | ---- | 94.9 | 85.6 | 45.6 | 23.25 | 23.23 |
| 33 | ---- | 87.2 | 78.1 | 38.9 | 23.21 | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | | |
| 62 | 15 | 49.10 | 47.80 | 44.50 | 39.39 | 35.83 |
| 80 | 15 | 48.70 | 47.30 | 43.20 | 34.15 | |
| 70 | 27 | 52.20 | 49.50 | 42.20 | 36.99 | |
| 178 | 27 | 62.00 | 59.10 | 50.50 | 33.72 | |
| 91 | 21 | 51.90 | 48.80 | 40.00 | 35.23 | |
| 94 | 21 | 50.10 | 47.90 | 41.70 | 35.48 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| 3 | ---- | 40.2 | 40 | 39.3 | 28.57 | 25.40 |
| 74 | ---- | 48.5 | 48.3 | 47.4 | 22.22 | |

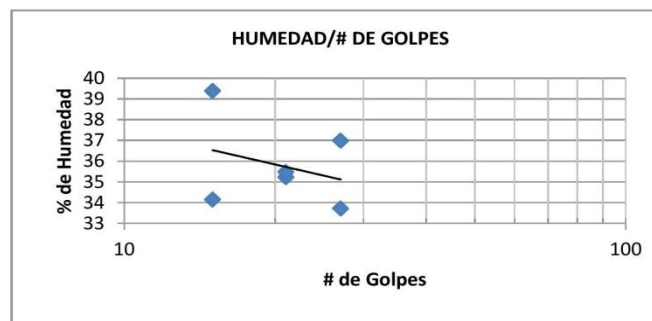


Tabla 3.2 Clasificación de Suelos C1-M1.

Fuente: Autor



PROYECTO: AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

UBICACIÓN: Puente San Ramón

PERFORACIÓN: C1

FECHA: 19/01/2015

PROFUNDIDAD: 0 m a 2.5 m



ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

| GRANULOMETRIA | | | | |
|---------------|-----------------------|-------------------------|------------|------------|
| Tamiz | Peso Retenido Parcial | Peso Retenido Acumulado | % Retenido | % Que Pasa |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N° 4 | 43.00 | 43.00 | 15.99 | 84.01 |
| N° 10 | 41.00 | 84.00 | 31.23 | 68.77 |
| N° 40 | 81.00 | 165.00 | 61.34 | 38.66 |
| N° 100 | 77.00 | 242.00 | 89.96 | 10.04 |
| N° 200 | 26.00 | 268.00 | 99.63 | 0.37 |
| Pasa N° 200 | 1.00 | 269.00 | 100.00 | 0.00 |
| Total | 269.00 | | | |

CLASIFICACIÓN

| | |
|----------------|---|
| SUCS: | Arena mal graduada con grava SP |
| AASHTO: | A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena |

| | |
|-----------------------------|-------|
| HUMEDAD NATURAL (%): | 11.42 |
| LIMITE LÍQUIDO (%): | 18.38 |
| ÍNDICE PLÁSTICO: | 0.05 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 0 |

| HUMEDAD NATURAL | | | | | | |
|-----------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|
| N° Tarro | N° Golpes | Peso Húmedo | Peso Seco | Peso Tarro | % Humedad | % Promedio |
| 177 | ---- | 114.1 | 107.3 | 47.9 | 11.45 | 11.42 |
| 74 | ---- | 92.5 | 87.9 | 47.5 | 11.39 | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | | |
| 97 | 12 | 60.00 | 56.90 | 46.10 | 28.70 | 43.99 |
| 61 | 12 | 60.10 | 48.70 | 40.30 | 135.71 | |
| 49 | 18 | 55.50 | 52.80 | 41.60 | 24.11 | |
| 31 | 18 | 58.80 | 56.70 | 48.40 | 25.30 | |
| 25 | 26 | 52.80 | 50.50 | 41.50 | 25.56 | |
| 13 | 26 | 51.70 | 48.90 | 37.50 | 24.56 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| 28 | ---- | 46.7 | 46.5 | 45.5 | 20.00 | 18.33 |
| 33 | ---- | 39.6 | 39.5 | 38.9 | 16.67 | |

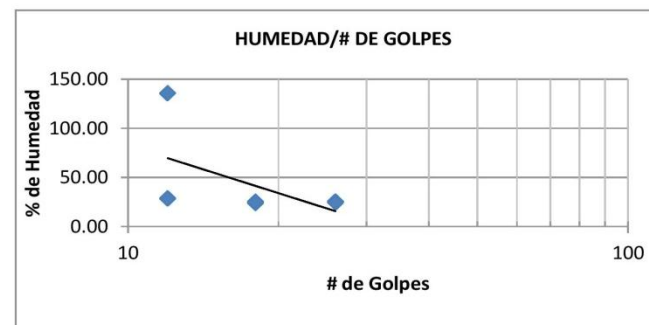


Tabla 3.3 Clasificación de Suelos C1-M2.

Fuente: Autor



PROYECTO: AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

UBICACIÓN: Puente San Ramón

PERFORACIÓN: C2

FECHA: 19/01/2015

PROFUNDIDAD: 1 m a 3 m



ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

| GRANULOMETRIA | | | | |
|---------------|-----------------------|-------------------------|------------|------------|
| Tamiz | Peso Retenido Parcial | Peso Retenido Acumulado | % Retenido | % Que Pasa |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N° 4 | 146.00 | 146.00 | 22.15 | 77.85 |
| N° 10 | 159.00 | 305.00 | 46.28 | 53.72 |
| N° 40 | 224.00 | 529.00 | 80.27 | 19.73 |
| N° 100 | 127.00 | 656.00 | 99.54 | 0.46 |
| N° 200 | 3.00 | 659.00 | 100.00 | 0.00 |
| Pasa N° 200 | 0.00 | 659.00 | 100.00 | 0.00 |
| Total | 659.00 | | | |

| CLASIFICACIÓN | |
|----------------|--|
| SUCS: | Arena mal graduada con grava SP |
| AASHTO: | A-2-7 Grava y arena arcillosa o limosa |

| | |
|-----------------------------|-------|
| HUMEDAD NATURAL (%): | 19.71 |
| LÍMITE LÍQUIDO (%): | 71.52 |
| ÍNDICE PLÁSTICO: | 36.52 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 0 |

| HUMEDAD NATURAL | | | | | | |
|-----------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|
| N° Tarro | N° Golpes | Peso Húmedo | Peso Seco | Peso Tarro | % Humedad | % Promedio |
| 92 | ---- | 96.1 | 87 | 40.9 | 19.74 | 19.71 |
| 3 | ---- | 106.8 | 95.7 | 39.3 | 19.68 | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | | |
| 38 | 11 | 45.40 | 43.50 | 38.10 | 35.19 | 28.50 |
| 62 | 11 | 52.20 | 50.20 | 44.30 | 33.90 | |
| 92 | 21 | 47.30 | 45.70 | 40.90 | 33.33 | |
| 99 | 21 | 53.90 | 52.10 | 46.20 | 30.51 | |
| 150 | 41 | 50.80 | 49.90 | 45.70 | 21.43 | |
| 158 | 41 | 51.10 | 50.90 | 49.70 | 16.67 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| 75 | ---- | 37.3 | 37.1 | 36.7 | 50.00 | 35.00 |
| 50 | ---- | 43.5 | 43.4 | 42.9 | 20.00 | |

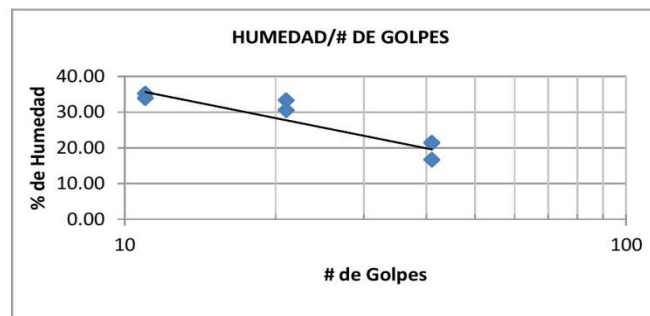


Tabla 3.4 Clasificación de Suelos C2-M1.
Fuente: Autor



PROYECTO: AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

UBICACIÓN: Puente San Ramón

PERFORACIÓN: C2

FECHA: 19/01/2015

PROFUNDIDAD: 2 m a 3.5 m



ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

| GRANULOMETRIA | | | | |
|---------------|-----------------------|-------------------------|------------|------------|
| Tamiz | Peso Retenido Parcial | Peso Retenido Acumulado | % Retenido | % Que Pasa |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| N° 4 | 158.00 | 158.00 | 24.57 | 75.43 |
| N° 10 | 162.00 | 320.00 | 49.77 | 50.23 |
| N° 40 | 213.00 | 533.00 | 82.89 | 17.11 |
| N° 100 | 93.00 | 626.00 | 97.36 | 2.64 |
| N° 200 | 15.00 | 641.00 | 99.69 | 0.31 |
| Pasa N° 200 | 2.00 | 643.00 | 100.00 | 0.00 |
| Total | 643.00 | | | |

| HUMEDAD NATURAL | | | | | | |
|-----------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|
| N° Tarro | N° Golpes | Peso Húmedo | Peso Seco | Peso Tarro | % Humedad | % Promedio |
| 222 | ---- | 135.2 | 121.1 | 48.9 | 19.53 | 19.65 |
| 28 | ---- | 106.8 | 96.7 | 45.6 | 19.77 | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | | |
| 140 | 25 | 48.30 | 46.40 | 41.50 | 38.78 | 38.85 |
| 54 | 25 | 53.90 | 50.50 | 41.90 | 39.53 | |
| 13 | 28 | 51.70 | 49.60 | 44.30 | 39.62 | |
| 2 | 28 | 52.40 | 50.00 | 43.90 | 39.34 | |
| 27 | 23 | 49.30 | 46.40 | 38.70 | 37.66 | |
| 72 | 23 | 51.50 | 49.40 | 43.90 | 38.18 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | |
| 177 | ---- | 48.8 | 48.6 | 47.9 | 28.57 | 21.43 |
| 22 | ---- | 49.6 | 49.5 | 48.8 | 14.29 | |

| CLASIFICACIÓN | |
|---------------|--|
| SUCS: | Arena mal graduada con grava SP |
| AASHTO: | A-2-5 Grava y arena arcillosa o limosa |

| | |
|----------------------|-------|
| HUMEDAD NATURAL (%): | 19.65 |
| LIMITE LÍQUIDO (%): | 38.78 |
| ÍNDICE PLÁSTICO: | 17.35 |
| ÍNDICE DE GRUPO: | 0 |

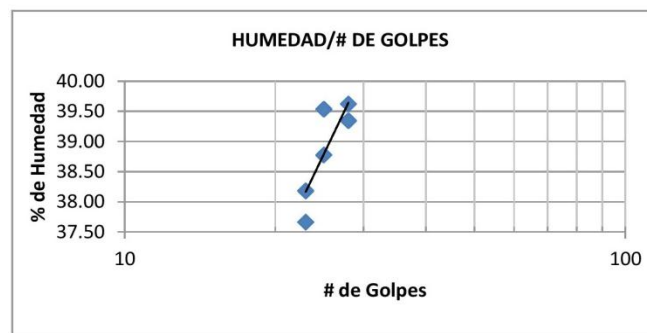


Tabla 3.5 Clasificación de Suelos C2-M2.
Fuente: Autor

Con las exploraciones realizadas se pudo establecer los siguientes perfiles estratigráficos de cada calicata.

| ESTUDIO DE SUELOS | CALICATA: C1 LOCALIZACIÓN: Margen Izquierdo del Río Alcacay FECHA: 19/01/2015 |
|---|--|
| Profundidad: 4.00m Descripción: - De 0.00m a 0.20m: Capa Vegetal. - De 0.20m a 2.50m: Fragmentos de roca, grava y arena - De 2.50m a 4.00m: Grava y arena arcillosa y limosa - Nivel Freático: No encontrado | Columna Estratigráfica: <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">0.10m</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #90EE90; margin-right: 10px;"></div> <div>Capa Vegetal</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">2.40m</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #FF8C00; margin-right: 10px;"></div> <div>Fragmentos de roca, grava y arena</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">1.50m</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #8B873E; margin-right: 10px;"></div> <div>Grava y arena arcillosa y limosa</div> </div> |
|  | |

Tabla 3.6 Perfil Estratigráfico C1.
Fuente: Autor

| ESTUDIO DE SUELOS | CALICATA: C2 LOCALIZACIÓN: Margen Derecho del Río Alcacay FECHA: 19/01/2015 |
|--|---|
| Profundidad: 3.00m Descripción: - De 0.00m a 0.15m: Capa Vegetal. - De 0.20m a 1.00m: Grava y arena arcillosa o limosa - De 1.00m a 3.00m: Grava y arena arcillosa y limosa - Nivel Freático: No encontrado | Columna Estratigráfica: <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">0.10m</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #90EE90; margin-right: 10px;"></div> <div>Capa Vegetal</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">0.90m</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #8B873E; margin-right: 10px;"></div> <div>Grava y arena arcillosa y limosa</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: right; padding-right: 10px;">2.00m</div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #8B873E; margin-right: 10px;"></div> <div>Grava y arena arcillosa y limosa</div> </div> |
|  | |

Tabla 3.7 Perfil Estratigráfico C2.
Fuente: Autor

▪ Análisis de Capacidad de Carga.

Un aspecto fundamental es la determinación de la capacidad portante del material encontrado en las áreas de estudio, entonces es un requisito el determinar parámetros que nos darán una idea de las características del suelo como son c y ϕ . Para poder determinarlos se procedió a realizar en laboratorio el ensayo de corte directo.

Cabe recalcar que el tipo de cimentación que se usará, en función de la estructura, es una cimentación continua o corrida.

Los resultados del ensayo de laboratorio se muestran en resumen en la Tabla 3.8

| ID de | $c(\text{kg/cm}^2)$ | $\Phi(^{\circ})$ |
|-------|---------------------|------------------|
| C1-1 | 0.8342 | 21.00 |
| C1-2 | 0.5320 | 21.00 |
| C2-1 | 0.0742 | 37.00 |
| C2-2 | 0.3363 | 30.00 |

Tabla 3.8 Parámetros c y ϕ del suelo.
Fuente: Autor

En la Figura 3.2 se muestran algunos de los factores que intervienen en el cálculo de la capacidad y también a continuación se mostrará los valores asumidos por algunas variables, para la Ecuación 3.1.

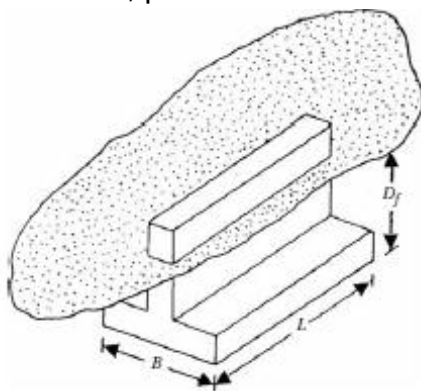


Figura 3.2 Esquema de variables del cimiento.

Los factores de forma para una cimentación continua, que es el caso, asumen el valor de 1. Es decir $F_{cs} = F_{qd} = F_{yd} = 1$.

Los factores de inclinación igualmente para el caso asumen el valor de 1. Siendo $F_{ci} = F_{qi} = F_{yi} = 1$.

Los factores de carga, que dependen del tipo del material y están en función de los valores de ϕ determinados en el laboratorio, están tabulados en el

Anexo 9.

Entonces para el material encontrado en ambos sitios se usará como parámetro de resistencia cortante tanto el ángulo de fricción como la cohesión del material. El material explorado es grava y arena arcillosa y limosa, se empleará un factor de seguridad de 3. Con todo esto se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 3.9 y Tabla 3.10 para capacidad portante del material en función de las dimensiones de las zapatas. Ahí se observa la capacidad portante para cimentación continua de dimensiones establecidas y ubicadas a una determinada profundidad.

| | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| FECHA | | 19/01/2015 | | | | | |
| SONDEO | | C1 | $\gamma=$ | 16.53 kN/m ³ | $\phi=$ | 21 ° | |
| | | | F.S= | 3 | c= | 0.8342 kg/cm ² | |
| Capacidad portante (kg/cm²), en función de Df(m) y B(m) | | | | | | | |
| Df \ B | 1.00 | 1.25 | 1.50 | 1.75 | 2.00 | 2.25 | 2.50 |
| 1.00 | 6.24 | 6.00 | 5.84 | 6.74 | 5.67 | 5.62 | 5.58 |
| 1.50 | 7.16 | 6.77 | 6.53 | 6.35 | 6.23 | 6.14 | 6.07 |
| 2.00 | 8.11 | 7.57 | 7.22 | 6.98 | 6.81 | 6.68 | 6.58 |
| 2.50 | 9.08 | 8.39 | 7.94 | 7.63 | 7.40 | 7.22 | 7.09 |
| 3.00 | 10.09 | 9.24 | 8.68 | 8.29 | 8.00 | 7.79 | 7.62 |
| 3.50 | 11.12 | 10.11 | 9.44 | 8.97 | 8.62 | 8.36 | 8.15 |
| 4.00 | 12.18 | 11.00 | 10.22 | 9.66 | 9.26 | 8.95 | 8.70 |
| 4.50 | 13.27 | 11.91 | 11.01 | 10.38 | 9.91 | 9.54 | 9.26 |

Tabla 3.9 Resultados de la Capacidad Portante, sondeo C1.

Fuente: Autor

| | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| FECHA | | 19/01/2015 | | | | | |
| SONDEO | | C2 | $\gamma=$ | 19.49 5 kN/m ³ | $\phi=$ | 37 ° | |
| | | | F.S= | 3 | c= | 0.0742 kg/cm ² | |
| Capacidad portante (kg/cm²), en función de Df(m) y B(m) | | | | | | | |
| Df \ B | 1.00 | 1.25 | 1.50 | 1.75 | 2.00 | 2.25 | 2.50 |
| 1.00 | 7.46 | 7.68 | 7.97 | 8.30 | 8.67 | 9.04 | 9.44 |
| 1.50 | 10.05 | 10.07 | 10.23 | 10.47 | 10.76 | 11.08 | 11.43 |
| 2.00 | 12.92 | 12.69 | 12.68 | 12.80 | 13.00 | 13.25 | 13.54 |
| 2.50 | 16.08 | 15.53 | 15.32 | 15.29 | 15.37 | 15.54 | 15.76 |
| 3.00 | 19.53 | 18.61 | 18.15 | 17.94 | 17.90 | 17.96 | 18.10 |
| 3.50 | 23.26 | 21.91 | 21.16 | 20.76 | 20.56 | 20.51 | 20.55 |
| 4.00 | 27.27 | 25.44 | 24.37 | 23.74 | 23.37 | 23.18 | 23.12 |
| 4.50 | 31.57 | 29.20 | 27.77 | 26.88 | 26.32 | 25.98 | 25.80 |

Tabla 3.10 Resultados de la Capacidad Portante, sondeo C2.

Fuente: Autor

3.3.4. Conclusiones

Los sondeos realizados en cada margen del río muestran que las profundidades de cimentación en los estratos conformados por grava y arena arcillosa y limosa están en la capacidad de soportar las cargas que se transmitirán desde el puente y sus elementos hacia dichos cimientos, dependiendo de la configuración que se elija (dimensiones de B y Df), según necesidades constructivas y estructurales. Los valores de capacidad portante van desde 5 kg/cm² hasta 30 kg/cm², como se puede observar en la Tabla 3.9 y la Tabla 3.10. El material es bueno para cimentación, permitiendo cimentación superficial.

Al ubicarse en la cota 2605.28 en el margen derecho del río, se puede concluir que su cota de cimentación quedará a una profundidad de 3.50m, es decir en 2601.78 msnm, mientras que en el margen izquierdo al ubicar la cota de 2609.28 se excavará una profundidad de 4m hasta llegar a una cota de cimentación de 2605.28 msnm. Valores susceptibles de modificación en caso de ser necesario una mayor profundidad de desplante.

Se empleará una cimentación continua, de 3m de largo y su configuración depende de las necesidades de carga que deba soportar, valores que se determinarán al definir el puente y las cargas que este transmitirá hacia la cimentación. Estos resultados se pueden observar la sección 4.2.

3.4. Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

3.4.1. Introducción

Dentro de este estudio hidrológico e hidráulico se tiene como objetivo: determinar los caudales máximos para el diseño de la ampliación del puente para diferentes períodos de retorno, analizar el cauce del río en el tramo correspondiente tomando en cuenta la geometría de la estructura existente y determinar los resultados preliminares de la profundidad de socavación.

Se cuenta con un estudio hidrológico previo sobre el río Alcacay el cual fue realizado en el año 2012 como parte del proyecto "ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE SÍGSIG", del cual obtuvimos los caudales máximos para el diseño de estructuras hidráulicas a fin de que estas se mantengan estables durante los períodos de crecida.

El cálculo hidráulico implica determinar la capacidad de desagüe del puente, es decir comprobar que el caudal proyectado pasa bajo este, además

con la recopilación de datos como la topografía (secciones transversales), geometría de la estructura se pueden realizar simulaciones que arrojaran como resultado la velocidad del flujo, elevación del nivel de agua y número de Froude.

3.4.2. Materiales y Métodos

3.4.2.1. Hidrología

Como se mencionó en el punto anterior se recurrió a información disponible otorgada por el GAD Municipal de Síg sig, de cuyo estudio citamos la siguiente información:

La micro cuenca del río Alcacay es parte de la sub cuenca del río Santa Bárbara, que deposita sus aguas en el Río Paute, vertiente del Océano Atlántico. Esta micro cuenca de montaña, se caracteriza por ser de alta pendiente, lo que origina que a lluvias torrenciales las crecientes sean rápidas y violentas, cuando las condiciones de humedad antecedente son adecuadas, es decir, cuando previo a un evento de tormenta, ha estado lloviendo moderadamente sobre la micro cuenca, de manera que la ha saturado y luego gran parte de la lluvia caída es convertida en escorrentía superficial, alcanzando picos considerables. [5]

| Información Básica de la cuenca | |
|---------------------------------|---------------------------|
| Área | 8.24 Km ² |
| Longitud del Cauce | 6320 Km |
| Elevación Máxima de Divisoria | 3860 msnm |
| Elevación Mínima | 2280 msnm |
| Desnivel de la cuenca | 980 m |
| Coordenadas de captación | 748705, 9662574 (PSAD 56) |

Tabla 3.11 Información básica de la cuenca.

Autor: ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE SÍGSIG, 2012.

A continuación observamos la cuenca del río Santa Bárbara con la micro cuenca en mención.

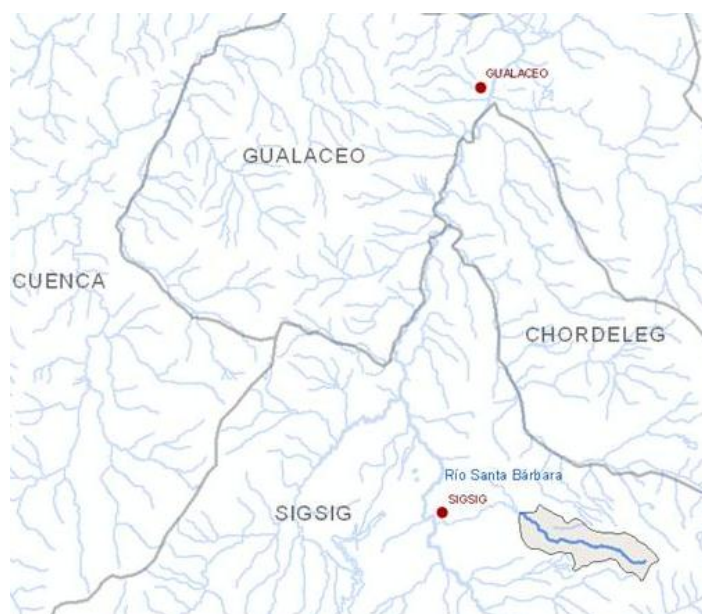


Figura 3.3 Ubicación de la micro cuenca de la quebrada Alcacay.

Fuente: ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE SÍGSIG, 2012.

En el Anexo 5, se puede observar el cuadro del Cálculo de la Evapotranspiración Potencial y el Balance Hídrico por el Método de Hargreaves.

3.4.2.2. Hidráulica

Se realiza una modelación hidráulica en HEC-RAS que nos permite estimar las características del flujo como caudales de diseño y parámetros usados en el cálculo de la socavación.

El modelo hidráulico necesita secciones transversales detalladas con tramos de análisis definidos en los que se incluye el puente, coeficientes de rugosidad estimados para cada tramo de cauce según las observaciones del sitio y basándonos en la tabla que muestra valores del coeficiente de rugosidad de Manning teniendo en cuenta las características del cauce, condiciones de frontera específicas y los caudales para los diferentes periodos de diseño.

De acuerdo a la tabla que presenta el libro de HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS de Ven Te Chow, tomamos un valor de 0.07 para el cauce principal y para las orillas del río el valor de 0.04.



| Tipo de caudal y descripción | Mínimo | Normal | Máximo |
|--|--------------|--------|--------------|
| D. Corrientes naturales | | | |
| D-1. Corrientes menores (ancho superficial en menor creciente < 100 pies) | | | |
| a. Corrientes en planicies | | | |
| 1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos | 0.025 | 0.030 | 0.033 |
| 2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas | 0.030 | 0.035 | 0.040 |
| 3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena | 0.033 | 0.040 | 0.045 |
| 4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras | 0.035 | 0.045 | 0.050 |
| 5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes | 0.040 | 0.048 | 0.055 |
| 6. Igual al 4, pero con más piedras | 0.045 | 0.050 | 0.060 |
| 7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos | 0.050 | 0.070 | 0.080 |
| 8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales crecientes con muchos árboles con matorrales bajos | 0.075 | 0.100 | 0.150 |
| b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos | | | |
| 1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas | 0.030 | 0.040 | 0.050 |
| 2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes | 0.040 | 0.050 | 0.070 |

Tabla 3.12 Valores de coeficiente de rugosidad n.
Fuente: HIDRÁULICA DE CANALES ABIERTOS, 2004. VEN TE CHOW.

▪ Socavación general del cauce.

Para predecir socavación general del cauce se ha adoptado el método de Lischtván-Levediev, la cual se produce a todo lo ancho del cauce cuando ocurre una crecida debido al efecto hidráulico de un estrechamiento de la sección; la degradación del fondo del cauce se detiene cuando se alcanzan nuevas condiciones de equilibrio por disminución de la velocidad, a causa del aumento de la sección transversal debido al proceso de erosión.

Método de Lischtván-Levediev

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_0^{\frac{5}{3}}}{0.60 \beta \gamma_d^{1.18}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Ecuación 3.2 Método de Lischtván-Levediev para suelos cohesivos

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_0^{\frac{5}{3}}}{0.68 \beta d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Ecuación 3.3 Método de Lischtván-Levediev para suelos no cohesivos

Dónde:

$$\alpha = \frac{Q_d}{H_m^{\frac{5}{3}} B_e \mu}$$

Q_d = caudal de diseño (m^3/s)

B_e = ancho efectivo de la superficie del líquido en la sección transversal

μ = coeficiente de contracción. Ver Anexo 7

H_m = profundidad de la sección (A/B_e)

x = exponente variable que depende del diámetro del material. Ver

Anexo 8.

d_m = diámetro medio (mm)

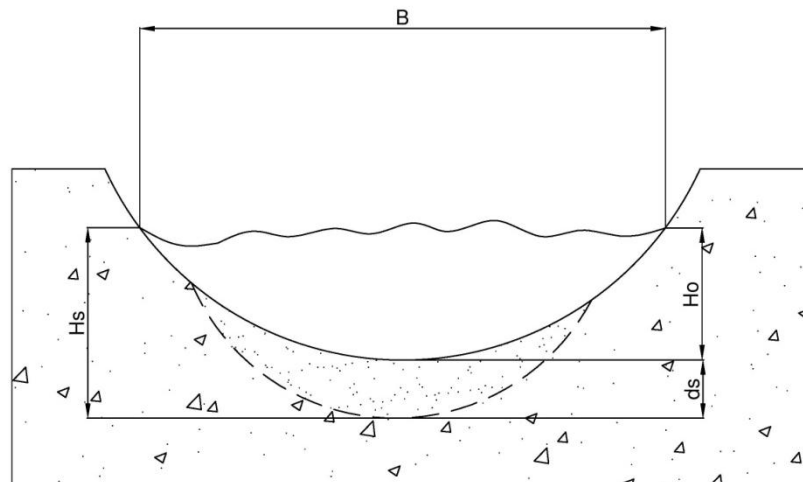


Ilustración 3.4 Socavación general del cauce.

Fuente: Autor

▪ **Socavación en estribos.**

Método de Artamonov:

El método de Artamonov se utiliza para estimar la profundidad de socavación al pie de los estribos, dicha erosión depende del caudal interceptado por el estribo y el caudal total del río, del talud que tiene los lados del estribo y del ángulo que forma la corriente con el eje longitudinal del estribo. La profundidad de socavación esta referenciada desde la superficie libre de agua.

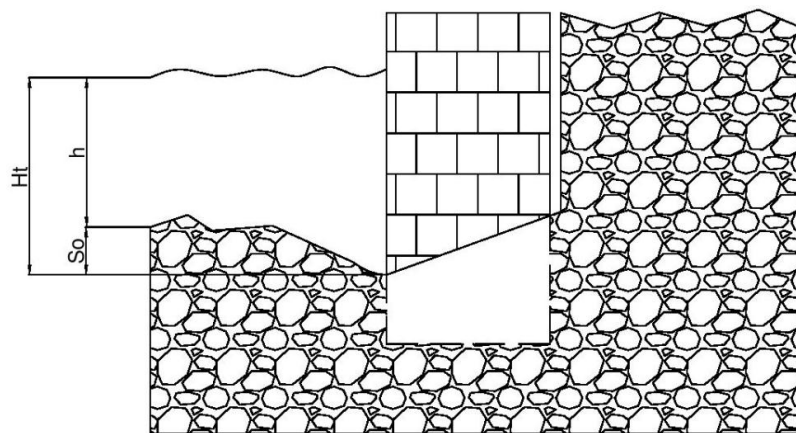


Ilustración 3.5 Socavación en estribos.
Fuente: Autor

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h$$

Ecuación 3.4 Método de Artamonov

Dónde:

H_T = profundidad del agua al pie del estribo medida desde la superficie libre de la corriente.

K_θ = coeficiente que depende del ángulo que forma el eje de la obra con la corriente.

| θ (°) | 20 | 60 | 90 | 120 | 150 |
|--------------|------|------|----|------|------|
| K_θ | 0.84 | 0.94 | 1 | 1.07 | 1.19 |

Tabla 3.13 Coeficiente de corrección K_θ

K_Q = coeficiente que depende de la relación entre el gasto teórico interceptado por el estribo Q_1 o Q_2 y el caudal total Q_d que escurre por la sección transversal.

| Q_1/Q_d | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| K_Q | 2.00 | 2.65 | 3.22 | 3.45 | 3.67 | 3.87 | 4.06 | 4.20 |

Tabla 3.14 Coeficiente de corrección K_Q

K_m = coeficiente que depende del talud que tiene los lados del estribo.

| Talud m | 0.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.0 |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| K_m | 1.00 | 0.91 | 0.85 | 0.83 | 0.61 | 0.50 |

Tabla 3.15 Coeficiente de corrección K_m

h = tirante de agua en la zona cercana

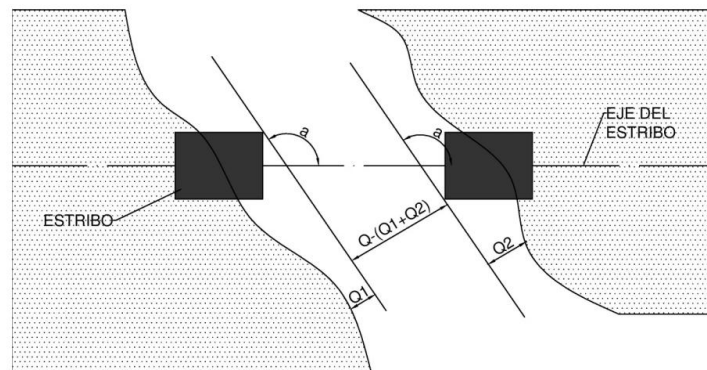


Ilustración 3.6 Socavación en estribos. Interpretación de variables.
Fuente: Autor

3.4.3. Cálculos y Resultados

▪ Cálculo de Caudales máximos

Los resultados que se muestran a
Resultados de precipitación para

| Tr | Precipitación |
|-----|---------------|
| 25 | 35.53 |
| 50 | 36.93 |
| 100 | 38.25 |

Tabla 3.16 Precipitación.

Fuente: ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES

Porcentajes de cobertura vegetal.

| Tipo de | Porcentaje |
|----------|------------|
| Pastos | 19 |
| Pastos | 26 |
| Bosque | 30 |
| Matorral | 25 |

Tabla 3.17 Cobertura Vegetal.

Fuente: ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES

Porcentajes para diferentes tipos de

| Tipo de | Porcentaje |
|-----------|------------|
| Arcilloso | 40 |
| Arcilloso | 20 |
| Rocoso | 40 |

Tabla 3.18 Tipo de Suelo.



Fuente: ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES

Determinación del Número de Curva.

| SUBCUENCA DEL RIO ALCACAY | | | | |
|---------------------------|------------|----|----|----------|
| Uso del | Porcentaje | G. | CN | Producto |
| Pastos | 19 | C | 72 | 13.68 |
| Pastos | 26 | C | 74 | 19.24 |
| Bosque | 30 | C | 70 | 21 |
| Matorrales | 25 | C | 71 | 17.75 |

| | |
|--------|-------|
| CN II | 71.67 |
| CN III | 85.33 |

Tabla 3.19 Cálculo del Número de Curva.

Fuente: ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES

Determinación de los Caudales de

| Tr | Q |
|-----|-------|
| 25 | 12.32 |
| 50 | 13.25 |
| 100 | 14.07 |

Tabla 3.20 Caudales de Diseño.

Fuente: ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES

▪ Cálculo de socavación

Distribución de tamaño de material de

Se realizó un ensayo granulométrico por tamizado para la caracterización del material del lecho, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.22 Análisis Granulométrico del material del lecho.

Fuente: Autor

Del análisis de distribución del tamaño

| D _{máx} | D ₈₅ | D ₆₀ | D ₅₀ | D ₁₅ | D ₁₀ | Cu |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
| 63 | 55.66 | 15.15 | 6.09 | 1.19 | 0.85 | 17.92 |

Tabla 3.21 Índices de distribución granulométrica para el material del lecho.

Fuente: Autor

| TAMIZ | | Peso | Peso | % | % | % |
|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|
| ASTM | mm | | | | | |
| 2 1/2 | 63.00 | 1337.00 | 1337.00 | 9.28 | 9.28 | 90.72 |
| 2 | 50.00 | 1458.00 | 2795.00 | 10.12 | 19.41 | 80.59 |
| 1 1/2 | 37.50 | 697.00 | 3492.00 | 4.84 | 24.25 | 75.75 |

| | | | | | | |
|-------|-------|---------|----------|-------|--------|-------|
| 1 | 25.00 | 923.00 | 4415.00 | 6.41 | 30.66 | 69.34 |
| 3/4 | 19.00 | 737.00 | 5152.00 | 5.12 | 35.78 | 64.22 |
| 1/2 | 12.50 | 1026.00 | 6178.00 | 7.12 | 42.90 | 57.10 |
| 3/8 | 9.50 | 620.00 | 6798.00 | 4.31 | 47.21 | 52.79 |
| N°4 | 4.75 | 1432.00 | 8230.00 | 9.94 | 57.15 | 42.85 |
| N°10 | 2.00 | 2318.24 | 10548.24 | 16.10 | 73.25 | 26.75 |
| N°40 | 0.42 | 3300.48 | 13848.72 | 22.92 | 96.16 | 3.84 |
| N°100 | 0.15 | 425.25 | 14273.97 | 2.95 | 99.12 | 0.88 |
| N°200 | 0.074 | 117.35 | 14391.32 | 0.81 | 99.93 | 0.07 |
| Fondo | | 9.68 | 14401.00 | 0.07 | 100.00 | 0.00 |

Tabla 3.22 Análisis Granulométrico del material del lecho.

Fuente: Autor

Determinación de niveles de flujo

Mediante el empleo de una simulación en

El tramo debajo del puente es el usado

Parámetros para modelación y resultados.

La modelación se realizó con un coeficiente de rugosidad n de Manning de acuerdo a la Tabla 3.12, con una pendiente longitudinal del 5% y con los caudales mostrados en la Tabla 3.20.

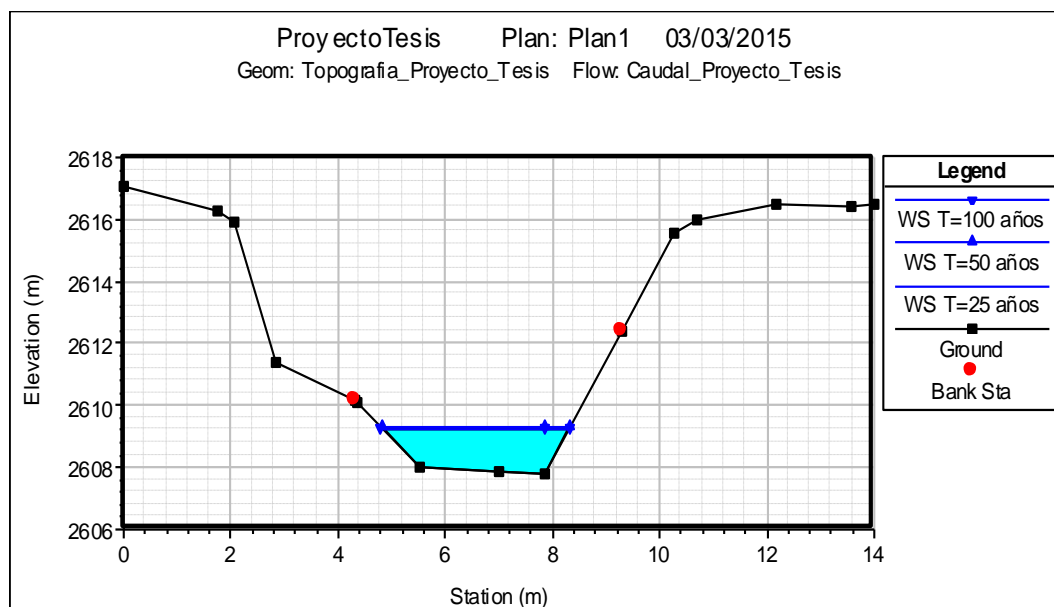


Figura 3.4 Niveles de flujo para la sección inmediata antes del puente.

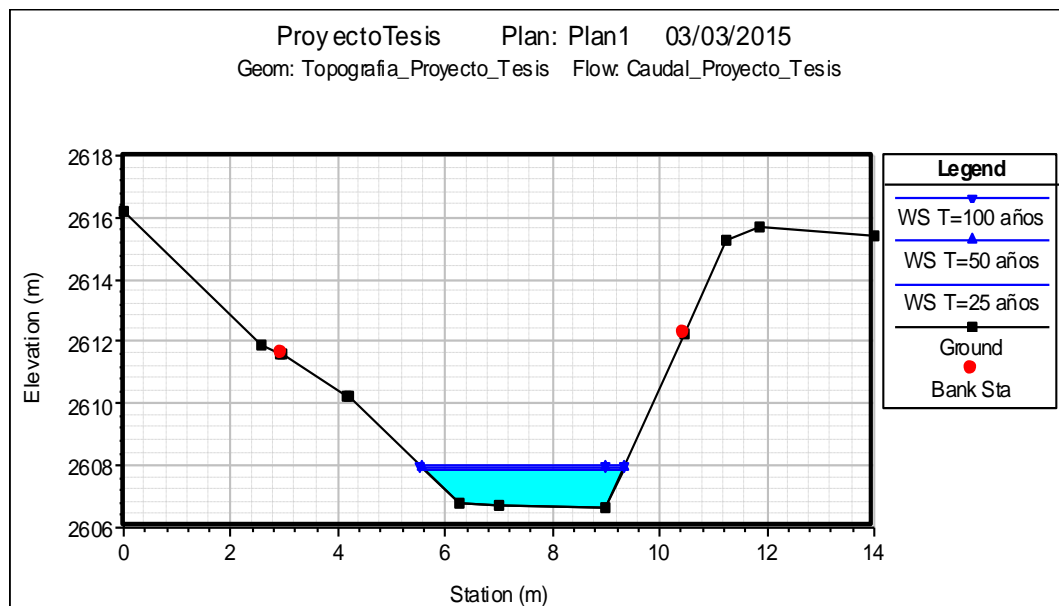


Figura 3.5 Niveles de flujo para la sección inmediata después del puente.

Los parámetros de flujo de interés para

| | Período de | Q | Cota | Cota | Velocidad | Área |
|----------------|------------|-------|---------|---------|-----------|------|
| Inmediatamente | T=25 | 12.32 | 2607.83 | 2609.21 | 3.28 | 3.76 |
| | T=50 | 13.25 | 2607.83 | 2609.27 | 3.34 | 3.96 |
| | T=100 | 14.07 | 2607.83 | 2609.32 | 3.40 | 4.13 |
| Inmediatamente | T=25 | 12.32 | 2606.63 | 2607.89 | 3.2 | 3.85 |
| | T=50 | 13.25 | 2606.63 | 2607.95 | 3.27 | 4.06 |
| | T=100 | 14.07 | 2606.63 | 2607.99 | 3.31 | 4.25 |

Tabla 3.23 Resumen de parámetros de flujo.

Fuente: Autor

Cálculo de socavación general del

Ecuación 3.3 se obtienen los siguientes resultados:

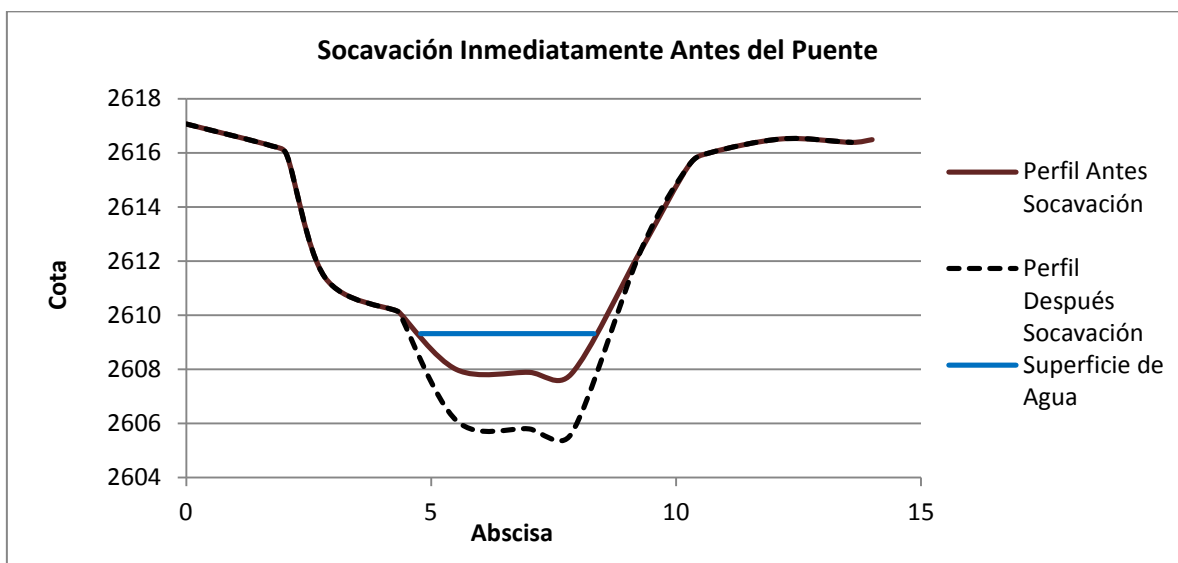


Figura 3.6 Socavación Inmediatamente Antes del Puente T=100 años

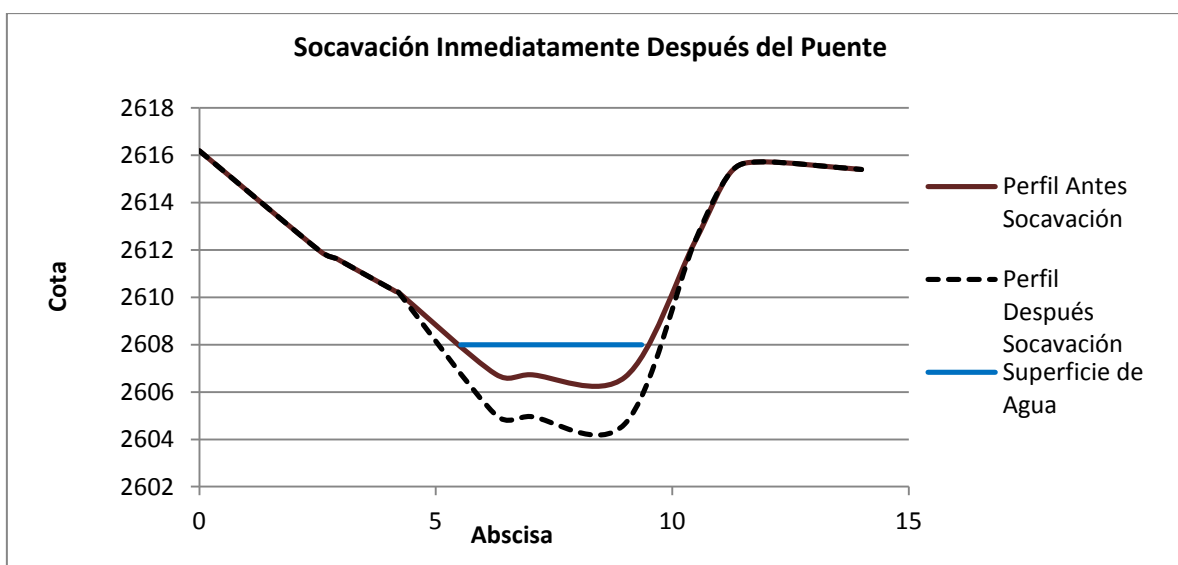


Figura 3.7 Socavación Inmediatamente Después del Puente T=100 años

En la Tabla 3.24 se muestran los datos y resultados del cálculo de la socavación para un tirante dado inmediatamente antes del puente. Es un cálculo iterativo cuya variable es el tirante antes de la erosión (H_o) en función de la sección del río.

| Cálculo de la socavación general en el cauce | | |
|--|-------|-------------------|
| Qd | 14.07 | m ³ /s |
| Be | 3.83 | m |
| Ho | 1.36 | m |
| Vm | 3.31 | m/s |

| | | |
|------------|-------------|--------------------|
| μ | 0.89 | |
| γ_d | 2.67 | Ton/m ³ |
| d_m | 6.09 | mm |
| x | 0.36 | |
| T_r | 100 | años |
| β | 1 | |
| A | 4.25 | m ² |
| H_m | 1.110 | m |
| α | 3.470 | |
| | | |
| Hs | 3.33 | m |
| ds | 1.97 | m |

Tabla 3.24 Ejemplo de cálculo socavación general.
Fuente: Autor

Cálculo de socavación en estribos

Aplicando la Ecuación 3.4, se estima el nivel de socavación en estribos tanto para el estribo del margen derecho (Tabla 3.25), como en el estribo del margen izquierdo (Tabla 3.26).

| Estribo margen derecho | | |
|------------------------|-------------|-------------------|
| h | 0.55 | m |
| Q | 14.07 | m ³ /s |
| Q_1 | 1.26 | m ³ /s |
| Q_1/Q | 0.089 | |
| K_q | 1.93 | |
| θ | 89 | ° |
| K_θ | 1.00 | |
| m | 2.30 | |
| K_m | 0.58 | |
| | | |
| H_T | 0.62 | m |
| S₀ | 0.07 | m |

Tabla 3.25 Cálculo de socavación estribo derecho.
Fuente: Autor

| Estribo margen izquierdo | | |
|--------------------------|-------|-------------------|
| h | 0.94 | m |
| Q | 14.07 | m ³ /s |
| Q_1 | 1.80 | m ³ /s |
| Q_1/Q | 0.12 | |
| K_q | 2.13 | |
| θ | 89 | ° |
| K_θ | 1.00 | |

| | | |
|-------|------|---|
| m | 2.50 | |
| K_m | 0.56 | |
| | | |
| H_T | 1.12 | m |
| S_0 | 0.18 | m |

Tabla 3.26 Cálculo socavación margen izquierdo.
Fuente: Autor

3.4.4. Conclusiones

Se determinó caudales máximos para períodos de retorno de 25 y 100 años los cuales no difieren en gran medida, va de 12.32 a 14.07 m³/s, siendo este último valor el considerado en todos los cálculos y modelaciones realizadas.

Como resultado de la simulación numérica para el caudal de 14.07 m³/s se obtuvo un calado de 3.33 m y velocidad de 3.31 m/s para tránsito del caudal de crecida del proyecto inmediatamente después del puente.

Como se pudo verificar en las simulaciones, el nivel que alcanza el agua (2607.89 m.s.n.m.) no representa inconvenientes para la estructura existente (2615.79 m.s.n.m.) puesto que el espacio libre entre la losa y el nivel de agua supera los dos metros mínimos recomendados.

Se ha establecido un valor de socavación general en el rango de 1.72m a 2.21m mediante la formulación Lischtván-Levediev. De acuerdo al valor de socavación local calculado, se hace recomendable proyectar la cimentación a una profundidad de 3.50m siendo este valor coherente con el obtenido en el estudio de suelos.

Se puede acotar que existe la presencia de grandes rocas que no son susceptibles de movimiento con la energía del agua, formando así una escalera de rocas que reduce la socavación general del cauce ya que limita el arrastre de material del fondo.

En cuanto a la socavación en estribos, aplicando la formulación de Artamonov, vemos que la socavación generada en estos no supera los 0.20m, por lo que se concluye que la socavación general es la que podría causar problemas.

Se observó que ya existen medidas que cumplen con la función de protección en los estribos, pero estos se han visto desgastados por el paso de los años, a los mismos se debería dar mantenimiento y elevar el nivel de la escalera de protección sobre todo en el margen derecho ya que este se ve más afectado por el nivel de agua, en crecidas se puede constatar la inundación de



este. Se recomienda que tenga una altura de 1.20 m al igual que en el margen izquierdo.

Se recomienda que los estribos de la nueva estructura se emplacen de manera paralela al flujo, tal y como están los actuales.



4. Alternativa Propuesta de Diseño.

4.1. Antecedentes

Como se indicó en la introducción, la necesidad de realizar este estudio surge en respuesta al malestar presentado por los moradores de las comunidades cercanas al puente San Ramón por el servicio limitado que este ofrece debido a sus dimensiones, básicamente su ancho de carril. En los estudios del estado actual de la estructura, también se pudo comprobar que su calidad se ha visto disminuida tanto por su modo de construcción así como por el paso de los años.

Entonces con el fin de repotenciar esta estructura y también aumentar su ancho de carril se propone una ampliación que facilite la circulación segura tanto de vehículos particulares así como los vehículos de servicio público (buses) y peatones. Estas acciones permitirán aumentar los años de vida útil de dicho puente, significando un beneficio que facilite el desarrollo económico y social de las comunidades aledañas.

Al revisar las condiciones hidrológicas, geológicas y topográficas de la zona se ha visto factible y procedente la ampliación de la estructura, aumentando el ancho del carril en dirección aguas abajo del río Alcacay. Sin embargo dicha ampliación exige la repotenciación o reforzamiento del puente existente que permita que las distintas tecnologías constructivas empleadas, en conjunto ofrezcan los mismos beneficios tanto para cargas de servicio como para cargas de resistencia, evitando que la nueva estructura signifique un agravante para el desgaste de la vieja estructura.

Para el diseño de la ampliación y reforzamiento del puente San Ramón se debe partir del hecho que los puentes viales son obras de infraestructura vitales para el desarrollo, por lo que se debe cuidar y prestar la debida importancia a factores de seguridad, servicio y economía en el momento de su análisis y construcción. Es por eso que la propuesta que se presenta acoge todas las normativas AASHTO y disposiciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

4.2. Ampliación del Puente San Ramón

4.2.1. Introducción

Para la ampliación del Puente San Ramón se presentarán dos propuestas en las que se analizará desde algunos aspectos cual sería la alternativa más



conveniente a implementar, desde el punto de vista económico, facilidades constructivas y tiempos de ejecución.

El diseño de ampliación se rige a las normas AASHTO y cumple con las disposiciones del MTOP, para los dos casos que se evaluarán.

La ampliación cubrirá un ancho de 3m, que sumados a los 5.10m de la estructura actual, tendremos como resultado un ancho de la estructura de 8m llegando al objetivo de obtener dos carriles, que permitan la circulación segura y confortable, el resultado final de la estructura debe ser compatible con el diseño de la vía de modo que los accesos no representen mayor dificultad y permitan el flujo continuo del tráfico así como de los peatones.

Para la nueva estructura, las tipologías que se analizarán corresponden a un puente viga-losa elaborado in situ, mientras que la otra alternativa sería recurrir a prefabricados, teniendo la opción de vigas "I" y losas doble "T". En esta sección del estudio se analizarán todas estas propuestas a fin de definir la adecuada para este proyecto.

4.2.2. Materiales y Métodos.

En función de la topografía, hidráulica y geología del lugar, se definió la ubicación de los estribos, mismos que determinan la luz que necesita la ampliación siendo esta de 12m. En los planos correspondientes se detallaran tanto la ubicación de estribos así como las cotas de cimentación y de corona que estos tendrán.

4.2.2.1. Puente viga-losa in situ.

Un puente viga losa es una obra de arte mayor, cuyo objetivo es permitir el paso de vehículos (u otros tipos de cargas móviles) a través de un obstáculo o depresión. Un puente de este tipo tiene los siguientes elementos: un estribo en cada margen del río, vigas que van de estribo a estribo y una losa ubicada sobre dichas vigas. Además se le debe incorporar una capa de rodadura y una vereda que permita el paso de peatones (dicha vereda constará con barandales de protección para evitar accidentes).

Dado que este estudio corresponde únicamente a una ampliación, tendrá un ancho total relativamente pequeño en comparación a otros puentes (ancho total de la ampliación de 3m). Para esto se ha planificado la ubicación de dos vigas separadas 1.70m la una de la otra. Sobre estas vigas se colocará una losa en la cual se ubicará la capa de rodadura.



Para el acople entre la estructura vieja y la diseñada se ha planificado demoler la vereda existente ubicada aguas abajo respecto al río, de modo que se puedan unificar las alturas de capa de rodadura de las dos estructuras.

Para el puente se usará un hormigón $f'c$ de 280 kg/cm^2 y aceros con f_y de 4200 kg/cm^2 , y obviamente se consideran las recomendaciones del MTOP así como los procedimientos de cálculo de las especificaciones dictadas por la AASHTO.

4.2.2.2. Puente con prefabricados.

Actualmente es ampliamente utilizado el hormigón pretensado, de manera especial en la prefabricación, al tener un buen control de calidad en los materiales utilizados así como de la mano de obra, resulta en elementos de mejor calidad y menor costo que los contruidos directamente en obra, por esta razón es ampliamente utilizado especialmente en países industrializados. Prácticamente el único problema de la prefabricación de elementos estructurales es su transporte e izados, se puede llegar a necesitar camiones de transporte especiales y grúas de gran capacidad debido al peso y dimensiones de los elementos, es ésta la causa principal que en nuestro medio su uso no se encuentre todavía muy difundido. [6]

Para nuestro caso, el acceso de los prefabricados no es inconveniente y es factible el transportar elementos de 12 m de largo, e igualmente su montaje se puede realizar empleando grúas. Dichos elementos necesitan de la construcción previa de estribos (en la siguiente sección se propone el diseño de estribos que son útiles para cualquiera de las tecnologías de diseño que se emplee).

El tipo de pretensado que se recomienda usar para la situación de este estudio es la losa doble "T", puesto que la configuración de estos elementos facilitan notablemente el montaje de la estructura, y de igual forma cubren el ancho total de la ampliación siendo esta una gran ventaja.

Para que entren en funcionamiento luego del montado de las losas doble "T" hace falta colocar una capa de rodadura y la vereda correspondiente quedando así lista para su operación.

4.2.3. Cálculos y Resultados

4.2.3.1. Diseño de Puente viga-losa in situ.

▪ Diseño de la Losa.

De acuerdo a las condiciones que brinda el lugar, la facilidad del proceso constructivo y sobre todo evitando las interrupciones en el tráfico, se determina que la luz considerada para nuestro diseño es de 12m con un ancho de 3m, el cual incrementara la capacidad de flujo al puente ya existente. Como carga actuante en el diseño se empleara el tipo HS-MOP (Ilustración 4.1) establecido por la norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

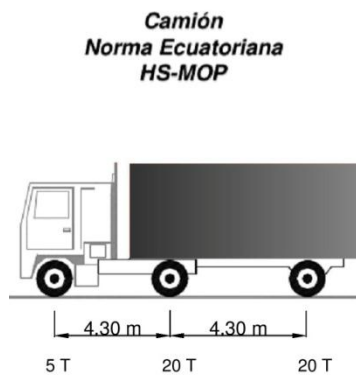


Ilustración 4.1 Cargas y distribución de ejes del camión de diseño HS-MOP.

Fuente: Autor

Descripción de materiales a usar y dimensiones iniciales.

| | | |
|------------------------------------|------|---------------------|
| Resistencia del Concreto ($f'c$) | 280 | Kg./cm ² |
| Fluencia del Acero ($f'y$) | 4200 | Kg./cm ² |
| Capa de Rodadura | 0.05 | m |
| Densidad del Concreto | 2400 | Kg./m ³ |
| Densidad de Capa de Rodadura | 2400 | Kg./m ³ |
| Bombeo | 1 | % |
| Ancho (B) total | 3 | m |
| S' (Separación entre vigas) | 2 | m |

| | | |
|----------------------------|------|---|
| a (Voladizo) | 0.8 | m |
| a (Voladizo Asumido) | 0.85 | m |
| b (ancho viga) | 0.3 | m |
| S (Separación libre-vigas) | 1.7 | m |
| Hvereda | 0.3 | m |
| Bvereda | 0.5 | m |
| Hdiafragma | 0.5 | m |
| Bdiafragma | 0.25 | m |

Tabla 4.1 Materiales y dimensiones iniciales.

Fuente: Autor

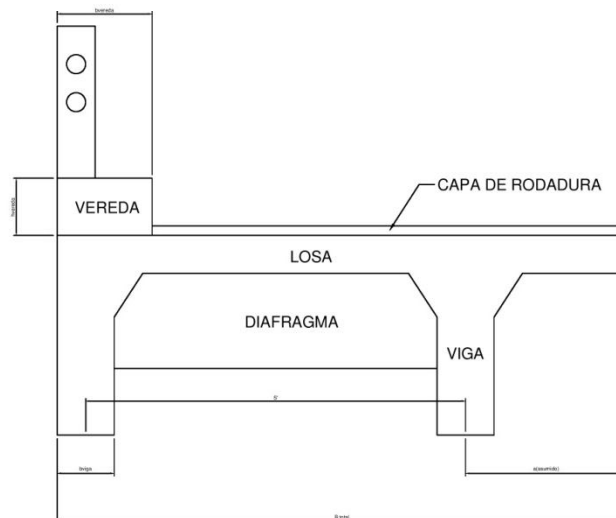


Ilustración 4.2 Esquema de la Ampliación.

Fuente: Autor

Una vez señalados los criterios iniciales se procede a realizar un pre-dimensionamiento siguiendo las especificaciones dictadas por la AASHTO, la cual establece que el ancho de viga es igual a $0.0157 \cdot (S'^{0.5}) \cdot L$, obteniendo un valor de 0.27m y un peralte de la losa de $1.2(S+3000)/30$, para las condiciones del diseño dando como resultado 0.18m, sin embargo por facilidades constructivas se asume 0.30m y 0.20m respectivamente.

Para el diseño de la losa es necesario determinar los momentos que esta debe soportar al aplicar cargas muertas y vivas a lo largo del tablero del puente,

obteniendo momentos positivos y negativos que nos ayudaran a establecer la cantidad de acero inferior y superior respectivamente.

Mediante el uso de la hoja de cálculo se obtiene los momentos más desfavorables por los distintos tipos de carga como se puede observar en la (Tabla 4.2)

| Carga | Tipo | Momento Positivo (T-m) | Momento Negativo (T-m) |
|---------------|------|------------------------|------------------------|
| Losa | DC1 | 0.15 | -0.17 |
| Vereda | DC2 | 0.02 | 0.00 |
| Capa Rodadura | DW | 0.04 | -0.04 |
| Carga Viva | LL | 4.74 | -9.81 |

Tabla 4.2 Momentos actuantes por los diferentes tipos de carga.

Fuente: Autor

No obstante dichos momentos no son los reales para realizar un diseño, ya que estos deben ser mayorados por factores establecidos por el criterio LRFD, en sus diferentes combinaciones. Siendo la carga viva la más afectada ya que además, se debe considerar un coeficiente de impacto (33%) debido a la circulación vehicular, factor de presencia múltiple ($m=1.2$) y un ancho efectivo el cual dependerá del tipo de momento que se utilice (positivo o negativo).

Finalmente el momento último de diseño se obtiene al mayorar la combinación más desfavorable por un factor "n", el cual considera el factor de ductilidad, redundancia y el sector de importancia operativa. Tabla 4.3.

| | |
|---|-------------|
| Factor de Ductibilidad (n_D) = | 0.95 |
| Factor de Redundancia (n_R) = | 1.05 |
| Sector de Importancia Operática (n_I) = | 1.05 |
| $n = n_D * n_R * n_I$ | |
| n = | 1.05 |

Tabla 4.3 Factor "n".

Fuente: Autor

De esta manera se obtiene:

MOMENTO ULTIMO NEGATIVO = 15.13 T-m

MOMENTO ULTIMO POSITIVO = 8.96 T-m

a) Cálculo del Acero.

Una vez establecidos los momentos que intervienen en la estructura, se procede a determinar el área de acero longitudinal necesaria para garantizar un

funcionamiento estructural correcto, especificando el diámetro y su separación según el caso correspondiente. (Tabla 4.4)

| | Negativo | Positivo |
|--|----------|----------|
| Momento (T-m) | 15.13 | 8.96 |
| Recubrimiento (cm) | 5 | 2.5 |
| Área de acero calculado (cm ²) | 37.91 | 15.69 |
| Diámetro acero impuesto (mm) | 22 | 20 |
| Separación (cm) | 10 | 20 |
| Área de acero impuesto (cm ²) | 38.01 | 15.71 |

Tabla 4.4 Resumen de aceros a usar.

Fuente: Autor

Se calculó el área de acero necesaria por temperatura y distribución.

- **Acero por Temperatura.**

Para el acero por temperatura seguimos la especificación del Art. 5.10.8.2-1, AASHTO 2004, el área de acero será colocada en dos capas de 1.8 cm² cada una. El acero por temperatura se colocará en la parte superior de la losa.

| | | |
|----------|------|-----------------|
| As temp= | 3.6 | cm ² |
| S= | 30 | cm |
| USAR: | Ø 12 | mm |

Tabla 4.5 Acero por Temperatura.

Fuente: Autor

- **Acero por Distribución.**

El acero por distribución se rige a las especificaciones del Art. 9.7.3.2, AASHTO 2004, dicho acero se colocará en sentido paralelo al tráfico en la parte inferior de la losa.

| | | | | |
|------------|-------|---------|-------|-----------------|
| %Asr = | 93.13 | % de As | < | 67% |
| % asumido= | | | 0.67 | % |
| Asr = | | | 25.40 | cm ² |
| USAR: Ø | 22 | mm | @ | 15 cm. |

Tabla 4.6 Acero de Distribución.

Fuente: Autor

- **Diseño Viga Exterior.**

Para el diseño de la viga exterior partimos de los datos de la Tabla 4.1, además para un pre-dimensionamiento de la altura de la viga se tiene $h_{\min}=0.07L=0.84\text{m}$ (Art. 2.5.6.3-1 AASHTO 2004) de donde asumimos $h=0.85\text{m}$.

A continuación se muestra un esquema de la viga exterior. Se debe destacar que los diafragmas son colocados en los apoyos y en el centro de la luz.

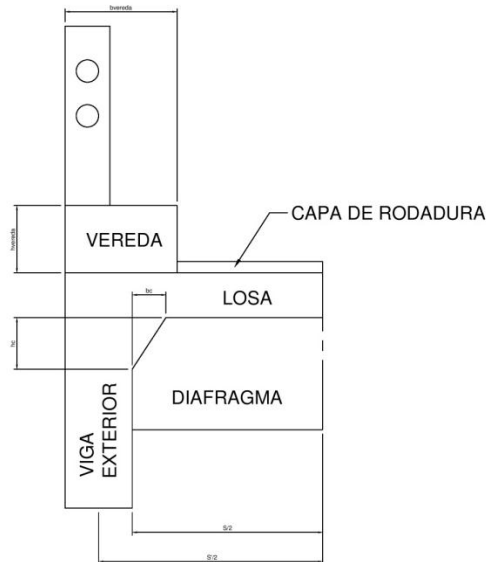


Ilustración 4.3 Esquema de la viga exterior.
Fuente: Autor

La viga debe ser diseñada por momentos flectores y por cortante, que son resultado de las fuerzas actuantes presentes y que significan las situaciones críticas de carga a ser consideradas. Para la determinación de los momentos de flexión y cortantes se ha elaborado una hoja de cálculo.

En el cálculo consideran los distintos tipos de cargas que aportan la estructura misma así como la carga viva que actuará sobre esta. A partir de los cuales se pueden determinar el momento flector último y cortante último.

a) Momentos de flexión por cargas.

Los momentos de flexión son los que se generan a partir de la carga muerta, es decir el peso propio de la estructura, y de la carga viva actuante. Dicha carga viva se estudia en función de los momentos generados por el camión de diseño HS-MOP (Ilustración 4.1), colocado en la posición crítica a lo largo de la luz del puente. Para un análisis adecuado de la carga viva, se debe tomar un porcentaje “g” de distribución de momento. Dicho porcentaje “g” está especificado en la sección C4.6.2.2.2d-1 AASHTO 2004.

A continuación se presenta un resumen de los momentos generados a partir de cada tipo de carga. Cabe acotar que la carga viva mostrada ya está

afectada por γ_g , así como el factor de impacto (33%) y el factor de presencia múltiple.

| Carga | Momento Flector (T-m) |
|-------|-----------------------|
| DC | 28.94 |
| DW | 1.40 |
| LL+IM | 102.95 |

Tabla 4.7 Momentos Flectores por los distintos tipos de carga.

Fuente: Autor

Con dichos momentos se procede según el criterio LRFD, que nos presenta los factores de mayoración y las combinaciones de carga que generan el momento crítico. Finalmente el momento que resulta por la combinación debe ser afectado con el factor “ ϕ ” (Tabla 4.3), obteniéndose el momento último para estado límite de resistencia:

MOMENTO ÚLTIMO POR ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA=229.20T-m.

Una vez obtenido este momento se propone que la sección de la viga a diseñar sea “rectangular”, entonces se busca un área de acero que soporte el momento último generado. Se propone usar 15 varillas, distribuidas como se muestra en la Ilustración 4.4 (z: cg de varillas de acero), de un diámetro de 25mm, las mismas que dan un área de acero de 73.63 cm^2 , la cual es mayor a el área calculada (72.13 cm^2). El recubrimiento usado es de 5 cm.

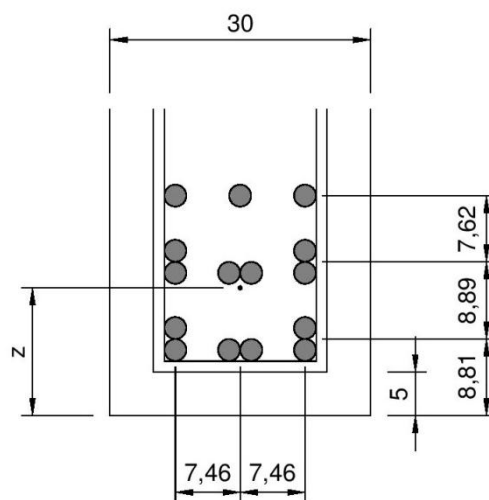


Ilustración 4.4 Distribución de Aceros.

Fuente: Autor

Se procede al cálculo de acero por temperatura.

- **Temperatura.**

| | | |
|----------|------|-----------------|
| As temp= | 4.59 | cm ² |
| S= | 40 | cm |
| USAR: | Ø 16 | mm |

Tabla 4.8 Acero por Temperatura.
Fuente: Autor

b) Cortante por cargas.

Para el diseño por cortante se debe ubicar una sección crítica, la cual se localiza cerca del apoyo extremo, las especificaciones para determinarlo se encuentran en el Art. 5.8.2.9 AASHTO 2004, dando como resultado una distancia de 0.97m. Se deben buscar las cargas por cortante generados en la sección crítica, para lo cual se recurre a la hoja de cálculo y de donde tenemos un resumen de cargas que se muestra en la Tabla 4.9. La carga viva mostrada se determina al analizar la posición crítica del camión de diseño HS-MOP (Ilustración 4.1), de donde obtenemos un cortante el cual se debe afectar por el factor de impacto, el factor de presencia múltiple y multiplicarlo por el %g de distribución de cortante.

| Carga | Cortante (kg) |
|-------|---------------|
| DC | 8000.00 |
| DW | 390.42 |
| LL+IM | 15760 |

Tabla 4.9 Cortantes por los distintos tipos de carga.
Fuente: Autor

Contando con estos cortantes, se procede a obtener el estado límite por Resistencia, usando los factores de mayoración correspondientes. También se aplica el factor “n” (Tabla 4.3) y así es como llegamos al cortante último de diseño.

CORTANTE ÚLTIMO DE DISEÑO= 11116.01 kg.

Entonces para el cálculo del área de acero se procede a determinar el cortante resistente (V_r) que ofrece la viga, para lo cual se busca un cortante nominal (V_n) castigado por el respectivo coeficiente de seguridad ($\Phi=0.9$). Una vez obtenido este cortante resistente se debe verificar que su valor es mayor que el cortante último de diseño (V_u).

Para el cálculo del cortante nominal (V_n) nos hemos impuesto un diámetro de 12mm, que se colocará con una separación de 15 cm.

Por último tomamos el valor de acero transversal mínimo del Art. 5.8.2.5-1 AASTHO 2004, que nos dice que el $A_{v_{\min}} = 0.27 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot (b_v \cdot s) / f_y$ de donde resulta 0.48 cm^2 , y podemos comprobar que este acero es menor que el impuesto, validando así el cálculo.

▪ Diseño Viga Interior.

Se considera los datos de Tabla 4.1 y los resultados obtenidos anteriormente de peralte ($t=20\text{cm}$) y ancho de viga ($b=30\text{cm}$). Altura de viga $h_{\text{asumido}}=0.85\text{m}$.

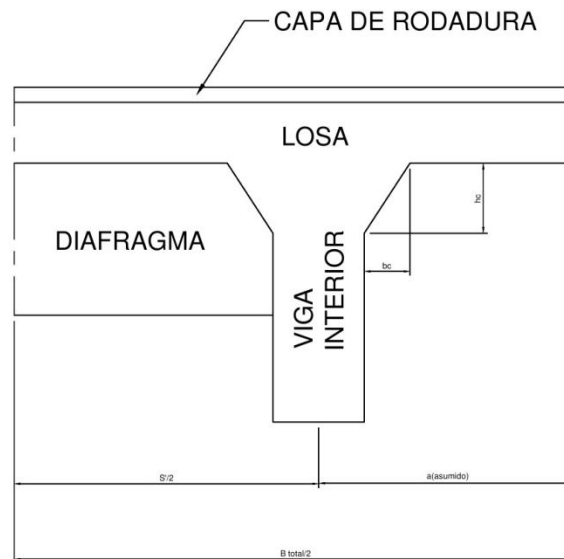


Ilustración 4.5 Esquema Viga Interior.
Fuente: Autor

El procedimiento seguido para este diseño es muy similar al usado en el diseño de la viga exterior, pero se debe considerar que en esta viga no se tiene peso por vereda que genera cierta variación en el diseño. La viga interior es la más cercana al puente existente, sin embargo las consideraciones de diseño son las mismas que la viga exterior, entonces cabe aclarar que la diferenciación entre viga interior y exterior se debe a las cargas actuantes más que a las consideraciones de diseño para vigas interiores en sí.

a) Momentos de flexión por cargas.

Nuevamente estos momentos son generados por carga muerta y viva, teniendo las mismas consideraciones de diseño. Entonces se muestra el resumen de cargas en la Tabla 4.10. De igual forma la carga viva se ve afectada por el factor de impacto, el factor de presencia múltiple y el porcentaje “g” de distribución de momento.

| Carga | Momento Flector (T-m) |
|-------|-----------------------|
| DC | 29.56 |
| DW | 4.00 |
| LL+IM | 90.61 |

Tabla 4.10 Momentos Flectores por los distintos tipos de carga.
Fuente: Autor

Con el factor “n” y las combinaciones LRFD obtenemos el siguiente resultado:

MOMENTO ÚLTIMO POR ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA:

211.06 T-m.

Para una sección rectangular, se propone utilizar 14 varillas de un diámetro de 25mm, la distribución se muestra en la Ilustración 4.6, resultando un área de 68.72 cm^2 , la cual es mayor que el área solicitada de 63.99 cm^2 y se usa un recubrimiento de 5 cm.

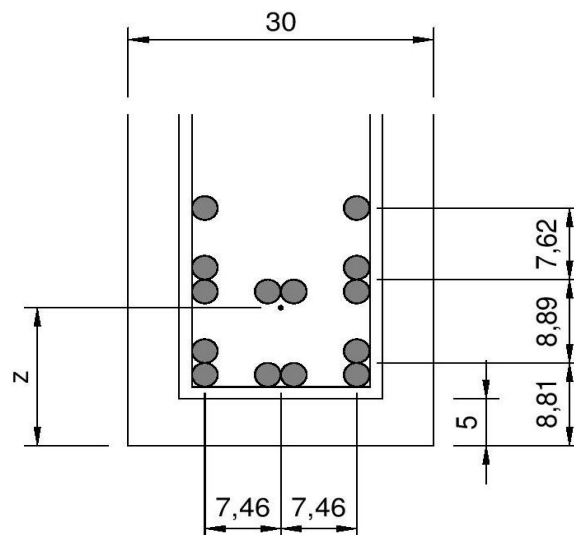


Ilustración 4.6 Distribución de Aceros.
Fuente: Autor

Se procede al cálculo de acero por temperatura.

- **Temperatura.**

| | | |
|----------|------|-----------------|
| As temp= | 4.59 | cm ² |
| S= | 40 | cm |
| USAR: | Ø 16 | mm |

Tabla 4.11 Acero por Temperatura.
Fuente: Autor

b) Cortante por cargas.

Partiendo de las mismas consideraciones de la viga exterior, tenemos una sección crítica para el diseño a una distancia de 1.00m. Obteniendo el siguiente resumen de cargas mostrado en Tabla 4.12. El porcentaje “g” de distribución de cortante es de 0.69.

| Carga | Cortante (kg) |
|-------|---------------|
| DC | 7920.49 |
| DW | 1111.11 |
| LL+IM | 13743.50 |

Tabla 4.12 Cortantes por los distintos tipos de carga.
Fuente: Autor

Finalmente con el factor “n” (Tabla 4.3) y las combinaciones LRFD tenemos:

CORTANTE ÚLTIMO DE DISEÑO: 37305.82 kg.

Con este momento se procede a buscar el cortante resiste, cuyo valor es $V_r=70627.47$ kg. Como solución para el cortante se colocara varillas de 12mm cada 15 cm.

- **Diseño de Estribo Margen Derecho.**

Para el diseño de estribos se plantea el siguiente esquema en base del cual se propone el dimensionamiento.

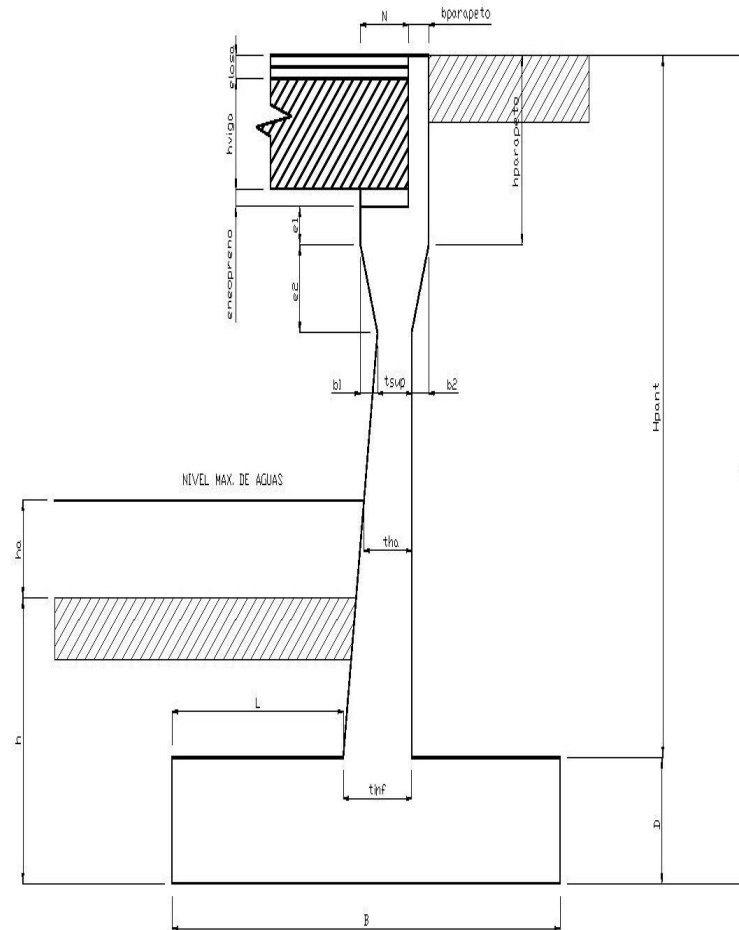


Ilustración 4.7 Interpretación de variables para el diseño del estribo.
Fuente: Autor

Se plantea el siguiente pre-dimensionamiento además se considera un ancho de 3.00m (ancho total de la ampliación):

| Variable | Dimensión |
|----------------|-----------|
| H | 10.50 m |
| H | 2.00 m |
| $B=0.6H$ | 5.50 m |
| $D=0.1H$ | 1.00 m |
| $t_{sup}=H/24$ | 0.80 m |
| $t_{inf}=0.1H$ | 1.20 m |
| $L=B/3$ | 2.00 m |
| elos | 0.20 m |
| hlosa | 0.85 m |

| | |
|----------------|--------|
| eneopreno | 0.10 m |
| hparapeto | 1.20 m |
| bparapeto | 0.25 m |
| e1 | 0.00 m |
| e2 | 0.00 m |
| b1 | 0.00 m |
| b2 | 0.00 m |
| s ⁰ | 2.76° |
| N | 0.55 m |
| ha | 1.80 m |
| tha | 1.07 m |
| Hpant | 9.50 m |

Tabla 4.13 Pre-dimensionamiento del Estribo Derecho.
Fuente: Autor

Para la evaluación de la estructura, es necesario conocer algunos datos previos sobre el sector, materiales a usar y cargas transmitidas. Del estudio geotécnico tomamos el peso específico del suelo, el ángulo de fricción interna (Tabla 3.10), además una sobrecarga vehicular, $h = 0.60$ m. Se asume un peso específico del hormigón de 2.4 T/m^3 . Consideramos un coeficiente sísmico de aceleración horizontal $A=0.3$ y el coeficiente de impacto de 33%.

Las cargas transmitidas por la superestructura hacia los estribos son las reacciones debido *carga muerta* (9.73 T), *capa de rodadura* (1.34 T) y *carga viva* (36.54 T).

Mediante el uso de una hoja de cálculo determinamos el peso propio de la estructura (DC) igual a 33.84 T y del suelo (EV) igual a 43.70 T, aplicados a 2.72 m y 4.35m desde el origen (O) respectivamente.

Las cargas provenientes de la superestructura actuantes se presentan en la Tabla 4.14

| Carga | Tipo | Valor (T/m) | x desde el origen (m) |
|------------------------------|-----------|-------------|-----------------------------------|
| Peso Propio | DC | 3.24 | 2.72 |
| Capa de Rodadura | DW | 0.45 | 2.68 |
| Carga Viva | LL | 12.18 | 2.68 |
| Carga de Impacto | IM | 4.02 | 2.68 |
| Fuerza de Frenado | BR | 0.61 | 12.30 (sobre la capa de rodadura) |
| Sobrecarga de Tráfico | LS | 0.27 | 4.35 |
| Subpresión de Agua | WA | -7.37 | 2.75 |
| Fuerza Sísmica | EQ | 0.32 | 9.9 (en sentido y) |

Tabla 4.14 Cargas provenientes de la superestructura.
Fuente: Autor

Además se calcula la presión estática del suelo en sentido horizontal (EH) y en sentido vertical (EV), tanto para empuje estático como dinámico, Tabla 4.15.

| | E. Estático (T) | E. Dinámico (T) |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| Horizontal | 23.68 | 33.12 |
| y (m) | 3.50 | 4.30 |
| Vertical | 7.92 | 11.08 |
| x (m) | 5.50 | 5.50 |

Tabla 4.15 Presión del Suelo.

Fuente: Autor

Se procede a la determinación de fuerzas y momentos actuantes y resistentes, para lo cual establecemos un factor de seguridad al deslizamiento y al volcamiento iguales a 1.5. La capacidad portante del suelo calculada en el estudio geotécnico asume un valor de 37.04 kg/cm^2 y se calcula un coeficiente de fricción entre el suelo y la estructura $\mu = \tan \Phi$, igual a 0.75.

Con estas consideraciones se revisa la estabilidad a deslizamiento y volteo, según las diferentes combinaciones de carga, que se muestran en la Tabla 4.16 y la Tabla 4.17 respectivamente.

| Combinación | $\mu \Sigma F_v / \Sigma F_h$ | |
|--------------------|-------------------------------|----|
| RESISTENCIA (a) | 2.34 | OK |
| RESISTENCIA (b) | 2.35 | OK |
| RESISTENCIA (c) | 2.58 | OK |
| RESISTENCIA (d) | 2.58 | OK |
| EV. EXTREMO (a) | 1.60 | OK |
| EV. EXTREMO (b) | 1.60 | OK |
| EV. EXTREMO (c) | 1.79 | OK |
| EV. EXTREMO (d) | 1.79 | OK |

Tabla 4.16 Estabilidad al Deslizamiento.

Fuente: Autor

| COMBINACION | $\Sigma M_R / \Sigma M_A$ | |
|--------------------|---------------------------|----|
| RESISTENCIA (a) | 2.95 | OK |
| RESISTENCIA (b) | 2.96 | OK |
| RESISTENCIA (c) | 3.17 | OK |
| RESISTENCIA (d) | 3.18 | OK |
| EV. EXTREMO (a) | 1.92 | OK |
| EV. EXTREMO (b) | 1.93 | OK |
| EV. EXTREMO (c) | 2.08 | OK |
| EV. EXTREMO (d) | 2.08 | OK |

Tabla 4.17 Estabilidad al Volteo.

Fuente: Autor

Con estos resultados procedemos a determinar la presión sobre el suelo, verificando que la capacidad portante de este sea la suficiente para aceptar el estribo sobre él. En la Tabla 4.18 se muestra un resumen de estos resultados.

| COMBINACIÓN | x (m) | e (m) | | qmax (T/m) | | qmin (T/m) | |
|-----------------|-------|-------|----|------------|----|------------|----|
| RESISTENCIA (a) | 2.48 | 0.27 | OK | 32.01 | OK | 17.31 | OK |
| RESISTENCIA (b) | 2.48 | 0.27 | OK | 32.09 | OK | 17.38 | OK |
| RESISTENCIA (c) | 2.50 | 0.25 | OK | 34.57 | OK | 19.70 | OK |
| RESISTENCIA (d) | 2.50 | 0.25 | OK | 34.65 | OK | 19.77 | OK |
| EV. EXTREMO (a) | 1.91 | 0.84 | OK | 38.18 | OK | 1.73 | OK |
| EV. EXTREMO (b) | 1.92 | 0.83 | OK | 38.25 | OK | 1.79 | OK |
| EV. EXTREMO (c) | 2.00 | 0.75 | OK | 40.62 | OK | 4.01 | OK |
| EV. EXTREMO (d) | 2.00 | 0.75 | OK | 40.69 | OK | 4.07 | OK |

Tabla 4.18 Presión sobre el suelo.

Fuente: Autor

Verificada la estabilidad y la capacidad del suelo, procedemos a determinar los diferentes cortantes y momentos que actúan en los elementos de la estructura.

- **Base de la Pantalla.**

Para el diseño de la pantalla se la divide en dos tramos, dado que en la parte inferior este elemento debe soportar momentos mayores. Los cortantes actúan a una distancia crítica desde la cara y en la Tabla 4.19 se muestra los cortantes resultantes, y en la Tabla 4.20 los momentos máximos para las diferentes combinaciones de carga.

| COMBINACIÓN | CORTANTE Vd (T) (a "d" de la cara) | | | | |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|------|------|-------|
| | E _H | L _S _H | BR | EQ | nΣVd |
| RESISTENCIA (a) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| RESISTENCIA (b) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| RESISTENCIA (c) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| RESISTENCIA (d) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| EV. EXTREMO (a) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |
| EV. EXTREMO (b) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |
| EV. EXTREMO (c) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |
| EV. EXTREMO (d) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |

Tabla 4.19 Cortante en Pantalla.

Fuente: Autor

| COMBINACIÓN | MOMENTO M (T-m) | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|-------|------|--------|
| | E _H | L _S _H | BR | EQ | nΣM |
| RESISTENCIA (a) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| RESISTENCIA (b) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| RESISTENCIA (c) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| RESISTENCIA (d) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| EV. EXTREMO (a) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |
| EV. EXTREMO (b) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |
| EV. EXTREMO (c) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |
| EV. EXTREMO (d) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |

Tabla 4.20 Momento en Pantalla.

Fuente: Autor

Ahora ubicamos una altura $y = 6.67$ m (medidos desde la corona), la que define el corte de los aceros (Ilustración 4.8) en donde el momento actuante es igual a $M/2$, consideración importante para el diseño.

- **Parapeto.**

De igual forma se muestra la Tabla 4.21 y la Tabla 4.22 en donde se pueden encontrar los cortantes y momentos calculados que actúan en este elemento.

| COMBINACIÓN | CORTANTE V_{dparap} (T) (a "d" de la cara) | | | | |
|-----------------|--|-----------------------------|------|------|------|
| | E _H | L _S _H | BR | EQ | nΣVd |
| RESISTENCIA (a) | 0.43 | 0.55 | 1.07 | 0.00 | 2.14 |
| RESISTENCIA (b) | 0.43 | 0.55 | 1.07 | 0.00 | 2.14 |
| RESISTENCIA (c) | 0.43 | 0.55 | 1.07 | 0.00 | 2.14 |
| RESISTENCIA (d) | 0.43 | 0.55 | 1.07 | 0.00 | 2.14 |
| EV. EXTREMO (a) | 0.60 | 0.16 | 0.30 | 0.32 | 1.38 |
| EV. EXTREMO (b) | 0.60 | 0.16 | 0.30 | 0.32 | 1.38 |
| EV. EXTREMO (c) | 0.60 | 0.16 | 0.30 | 0.32 | 1.38 |
| EV. EXTREMO (d) | 0.60 | 0.16 | 0.30 | 0.32 | 1.38 |

Tabla 4.21 Cortante en Parapeto.

Fuente: Autor

| COMBINACIÓN | MOMENTO M_{parap} (T-m) | | | | |
|-----------------|---------------------------|--------|------|------|-------------|
| | E_H | LS_H | BR | EQ | $n\Sigma M$ |
| RESISTENCIA (a) | 1.47 | 0.34 | 3.20 | 0.00 | 5.26 |
| RESISTENCIA (b) | 1.47 | 0.34 | 3.20 | 0.00 | 5.26 |
| RESISTENCIA (c) | 1.47 | 0.34 | 3.20 | 0.00 | 5.26 |
| RESISTENCIA (d) | 1.47 | 0.34 | 3.20 | 0.00 | 5.26 |
| EV. EXTREMO (a) | 2.52 | 0.10 | 0.91 | 0.19 | 3.73 |
| EV. EXTREMO (b) | 2.52 | 0.10 | 0.91 | 0.19 | 3.73 |
| EV. EXTREMO (c) | 2.52 | 0.10 | 0.91 | 0.19 | 3.73 |
| EV. EXTREMO (d) | 2.52 | 0.10 | 0.91 | 0.19 | 3.73 |

Tabla 4.22 Momento en la base de Parapeto.

Fuente: Autor

- **Talón de la Zapata.**

En la Tabla 4.23 y la Tabla 4.24 se muestran los resultados por momento y cortante de las fuerzas actuantes, para el talón de la zapata.

| COMBINACIÓN | q_{cara} (T/m) | CORTANTE V_d (T) (a "d" de la cara) | | | | |
|-----------------|---------------------|---------------------------------------|--------|--------|-------|---------------|
| | | DC | LS_v | EV | Q | $n\Sigma V_d$ |
| RESISTENCIA (a) | 23.46 | -4.86 | -4.83 | -59.00 | 62.40 | -6.60 |
| RESISTENCIA (b) | 23.53 | -4.86 | -4.83 | -59.00 | 62.57 | -6.42 |
| RESISTENCIA (c) | 25.92 | -6.75 | -4.83 | -59.00 | 68.05 | -2.65 |
| RESISTENCIA (d) | 25.99 | -6.75 | -4.83 | -59.00 | 68.22 | -2.47 |
| EV. EXTREMO (a) | 16.97 | -4.86 | -1.38 | -59.00 | 62.04 | -3.20 |
| EV. EXTREMO (b) | 17.04 | -4.86 | -1.38 | -59.00 | 62.20 | -3.04 |
| EV. EXTREMO (c) | 19.32 | -6.75 | -1.38 | -59.00 | 67.42 | 0.30 |
| EV. EXTREMO (d) | 19.38 | -6.75 | -1.38 | -59.00 | 67.58 | 0.46 |

Tabla 4.23 Cortante en Talón de la Zapata.

Fuente: Autor

| COMBINACIÓN | q_{cara} (T/m) | MOMENTO M (T-m) | | | | |
|-----------------|---------------------|-------------------|--------|--------|-------|-------------|
| | | DC | LS_v | EV | Q | $n\Sigma M$ |
| RESISTENCIA (a) | 23.46 | -5.71 | -5.55 | -67.84 | 77.12 | -2.09 |
| RESISTENCIA (b) | 23.53 | -5.71 | -5.55 | -67.84 | 77.33 | -1.88 |
| RESISTENCIA (c) | 25.92 | -7.94 | -5.55 | -67.84 | 83.81 | 2.60 |
| RESISTENCIA (d) | 25.99 | -7.94 | -5.55 | -67.84 | 84.01 | 2.81 |
| EV. EXTREMO (a) | 16.97 | -5.71 | -1.59 | -67.84 | 82.28 | 7.13 |
| EV. EXTREMO (b) | 17.04 | -5.71 | -1.59 | -67.84 | 82.47 | 7.33 |
| EV. EXTREMO (c) | 19.32 | -7.94 | -1.59 | -67.84 | 88.65 | 11.28 |
| EV. EXTREMO (d) | 19.38 | -7.94 | -1.59 | -67.84 | 88.84 | 11.47 |

Tabla 4.24 Momento en Talón de la Zapata.

Fuente: Autor

- **Punta de la Zapata.**

Para la punta de la Zapata, mostramos un resumen de los resultados de combinaciones de carga para cortante en la Tabla 4.25, y para momentos en la Tabla 4.26.

| COMBINACIÓN | q _{cara} (T/m) | CORTANTE V _d (T) (a "d" de la cara) | | |
|-----------------|----------------------------|---|-------|-------|
| | | DC | Q | nΣV |
| RESISTENCIA (a) | 26.66 | -4.21 | 57.21 | 55.64 |
| RESISTENCIA (b) | 26.74 | -4.21 | 57.36 | 55.80 |
| RESISTENCIA (c) | 29.16 | -5.85 | 62.14 | 59.11 |
| RESISTENCIA (d) | 29.24 | -5.85 | 62.29 | 59.26 |
| EV. EXTREMO (a) | 24.92 | -4.21 | 61.52 | 57.31 |
| EV. EXTREMO (b) | 24.99 | -4.21 | 61.66 | 57.45 |
| EV. EXTREMO (c) | 27.30 | -5.85 | 66.22 | 60.37 |
| EV. EXTREMO (d) | 27.37 | -5.85 | 66.36 | 60.51 |

Tabla 4.25 Cortante para punta de la Zapata.

Fuente: Autor

| COMBINACIÓN | q _{cara} (T/m) | MOMENTO M (T-m) | | |
|-----------------|----------------------------|-----------------|-------|-------|
| | | DC | Q | nΣM |
| RESISTENCIA (a) | 26.66 | -4.32 | 67.58 | 66.43 |
| RESISTENCIA (b) | 26.74 | -4.32 | 67.74 | 66.59 |
| RESISTENCIA (c) | 29.16 | -6.00 | 72.74 | 70.08 |
| RESISTENCIA (d) | 29.24 | -6.00 | 72.90 | 70.25 |
| EV. EXTREMO (a) | 24.92 | -4.32 | 85.19 | 80.87 |
| EV. EXTREMO (b) | 24.99 | -4.32 | 85.34 | 81.02 |
| EV. EXTREMO (c) | 27.30 | -6.00 | 90.11 | 84.11 |
| EV. EXTREMO (d) | 27.37 | -6.00 | 90.26 | 84.26 |

Tabla 4.26 Momento para punta de la Zapata.

Fuente: Autor

Finalmente conociendo todos los momentos y cargas críticas actuantes en la estructura se procede a calcular el acero necesario que esta necesita para poder soportar todas las cargas que actúan en el estribo. Para lo cual se ha elaborado una ilustración que resuma todos estos resultados, Ilustración 4.8.

Cabe recalcar que se usaran aceros con un $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y un $f'_c = 300 \text{ kg/cm}^2$, se toman un recubrimiento para la pantalla de 5 cm mientras que para la zapata será de 7.5 cm.

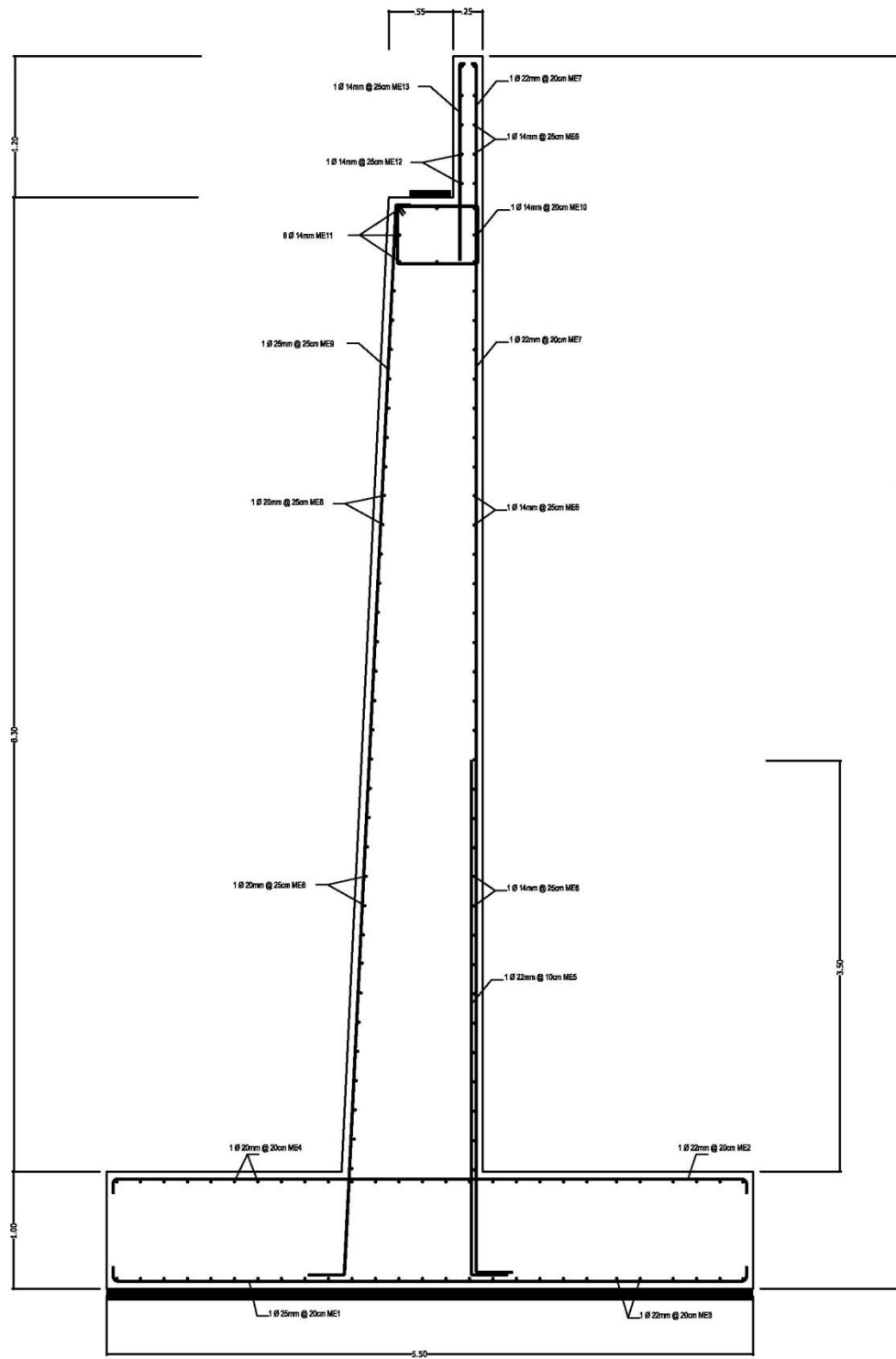


Ilustración 4.8 Áreas de acero y distribución, esquema

▪ Diseño de Estribo Margen Izquierdo.

El procedimiento para el diseño del estribo del margen izquierdo es el mismo que se siguió para el margen derecho, pero al tener un terreno con diferentes condiciones en este sector cambian las variables del suelo. Entonces de la Tabla 3.10 usamos el peso específico del suelo y el ángulo de fricción interna.

Las reacciones por la superestructura son las mismas, al igual que el peso específico del hormigón, el coeficiente sísmico de aceleración horizontal y el mismo coeficiente de impacto.

La capacidad portante del suelo toma un valor de 12.67 kg/cm^2 y el coeficiente de fricción entre muro y suelo es $\mu = 0.38$.

A continuación se muestra una tabla con el dimensionamiento, las variables que se muestran están basadas en la Ilustración 4.7.

| Variable | Dimensión |
|-----------------------|----------------|
| H | 10.00 m |
| H | 2.00 m |
| $B=0.6H$ | 7.00 m |
| $D=0.1H$ | 1.00 m |
| $t_{sup}=H/24$ | 0.80 m |
| $t_{inf}=0.1H$ | 1.20 m |
| $L=B/3$ | 2.00 m |
| e _{losa} | 0.20 m |
| h _{viga} | 0.85 m |
| e _{neopreno} | 0.10 m |
| h _{parapeto} | 1.20 m |
| b _{parapeto} | 0.25 m |
| e ₁ | 0.00 m |
| e ₂ | 0.00 m |
| b ₁ | 0.00 m |
| b ₂ | 0.00 m |
| s° | 2.94° |
| N | 0.60 m |
| h _a | 1.80 m |
| t _h | 1.06 m |
| H _{pant} | 9.00 m |

Tabla 4.27 Pre-dimensionamiento del Estribo Izquierdo.

Fuente: Autor

Las cargas actuantes y las combinaciones de cargas son las mismas que se realizaron en el estribo derecho, cabe destacar que para el análisis de estabilidad es donde se tienen las variaciones más importantes. Se trabaja con el

mismo factor de seguridad y deslizamiento igual a 1.5. Dado que las combinaciones de carga no brindan estabilidad para el deslizamiento, Tabla 4.28, nos vemos en la necesidad de agregar un dentellón a la estructura, elemento que corregirá este fallo por deslizamiento.

| COMBINACION | $\mu \Sigma F_v / \Sigma F_H$ | | OBSERVACIONES |
|-----------------|-------------------------------|-------|--------------------|
| RESISTENCIA (a) | 0.92 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |
| RESISTENCIA (b) | 0.92 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |
| RESISTENCIA (c) | 1.00 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |
| RESISTENCIA (d) | 1.00 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |
| EV. EXTREMO (a) | 0.67 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |
| EV. EXTREMO (b) | 0.67 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |
| EV. EXTREMO (c) | 0.74 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |
| EV. EXTREMO (d) | 0.74 | FALLA | REQUIERE DENTELLON |

Tabla 4.28 Estabilidad al Deslizamiento.

Fuente: Autor

Como vemos en la tabla resumen anterior, la estabilidad al deslizamiento no cumple, es menor que el factor de seguridad establecido. Como se mencionó anteriormente nos vemos en la necesidad de incluir un dentellón en la composición del estribo.

Para el diseño del dentellón procedemos a tomar la combinar más baja que resulta de la estabilidad al deslizamiento, con este valor buscamos un equilibrio con las fuerzas verticales y el empuje pasivo del suelo; es decir con la siguiente igualdad, Ecuación 4.1.

$$F.S. * E_a = f_{resist} * \mu + E_p$$

Ecuación 4.1 Equilibrio de fuerzas para el diseño del dentellón.

Resolviendo esta igualdad, obtenemos una altura de dentellón $h'' = 0.54m$, y analizando este elemento nos brinda un cortante de 4.18 T y un momento de 0.76 T-m., dando el equilibrio al deslizamiento que la estructura necesita.

Dado que los momentos y cortantes actuantes son muy similares que para el estribo izquierdo, se procede a mostrar el resumen de aceros en la Ilustración 4.9. Los cálculos realizados se pueden encontrar en la hoja de cálculo.

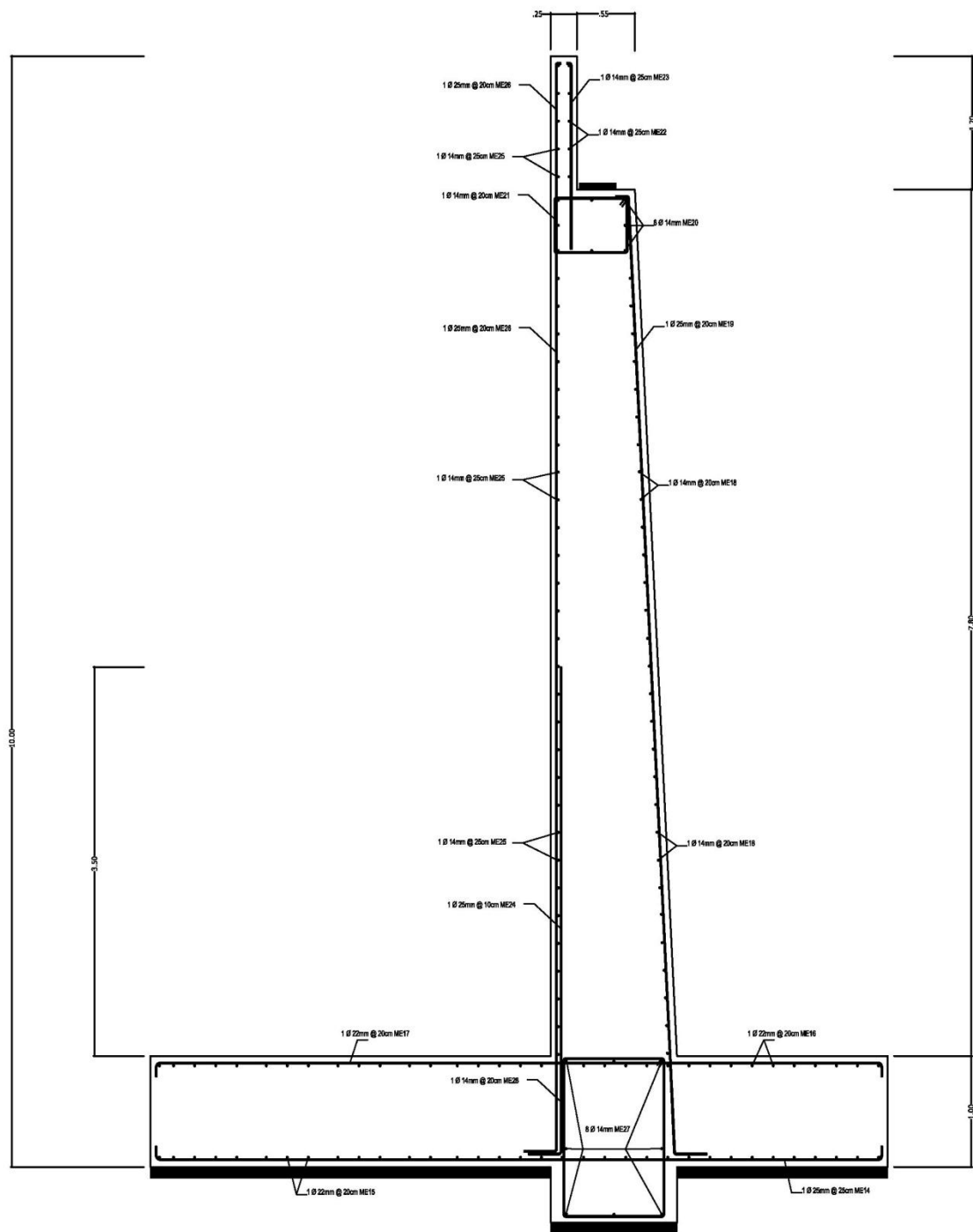


Ilustración 4.9 Áreas de acero y distribución, esquema



Para terminar una buena propuesta de diseño para la ampliación, hace falta implementar un muro de ala para cada estribo, ubicado aguas abajo del río. Dichos muros están sometidos a las mismas condiciones de suelo que se analizó para el diseño de los estribos.

En los planos adjuntos se pueden observar el montaje y dimensiones de dichos muros de alas, además en la hoja de cálculo se puede revisar el cálculo que determina finalmente las dimensiones que éstos deben tener.

4.2.3.2. Diseño de puente con Prefabricados.

Para el puente con prefabricados, se propone utilizar losas doble “T”, dado su facilidad de colocación con un notorio ahorro de tiempo y trabajos extras para tenerlo listo para brindar servicios. Dichos elementos pueden ser montados sobre los mismos estribos que se diseñaron para el puente in-situ en la sección anterior.

Para finalizar su montaje es necesario colocar una capa de rodadura sobre la losa doble “T”, cabe añadir que para colocar dicha capa no hacen falta encofrados complicados ya que los elementos prefabricados cubren todo el ancho de la ampliación, puesto que cubrirán los 3 m que tiene el ancho total del nuevo puente.

A continuación se muestra un resumen con el diseño de la losa doble “T” que se empleará.

Para empezar presentamos un resumen con los datos de los materiales a utilizar así como las características de los elementos. Tabla 4.29.

| Variable | Descripción | Valor Asumido | Unidades |
|----------------|--|---------------|--------------------|
| f'c HP | Resistencia del Hormigón Pretensado. | 350.00 | kg/cm ² |
| f'ci HP | Resistencia del Hormigón al cortar los cables. | 280.00 | kg/cm ² |
| fci | Máxima Compresión permitida en el hormigón al cortar los cables. | 168.00 | kg/cm ² |
| fc | Máxima compresión permitida en el hormigón durante la vida útil. | 157.50 | kg/cm ² |
| Ec HP | Módulo de Elasticidad del Hormigón Pretensado. | 282495.13 | kg/cm ² |
| Ec HA | Módulo de Elasticidad del Hormigón Armado. | 252671.33 | kg/cm ² |
| n | Relación entre los Módulos de Elasticidad. | 0.89 | |
| fpu | Resistencia a la rotura del torón pretensado. | 19000.00 | kg/cm ² |
| fpy | Límite de Fluencia del torón pretensado. | 17000.00 | kg/cm ² |
| fpi | Tensión inicial del torón. | 14250.00 | kg/cm ² |
| fpe | Tensión efectiva del torón (luego de las pérdidas). | 10972.50 | kg/cm ² |
| fy | Límite de Fluencia del acero adicional. | 4200.00 | kg/cm ² |
| fyv | Límite de Fluencia del acero para cortante (estribos). | 4200 | kg/cm ² |
| fyf | Límite de Fluencia del acero en el patín (electrosoldado). | 5000.00 | kg/cm ² |
| Esp | Módulo de Elasticidad del Acero Pretensado. | 2000000.00 | kg/cm ² |
| Esp | Módulo de Elasticidad del Acero normal. | 2000000.00 | kg/cm ² |
| SECCIÓN | | | |
| A | Área | 2290.00 | cm ² |
| Pp | Peso propio | 549.60 | kg/m |
| Pt | Peso total | 6595.2 | kg |
| R2 | Radio de giro al cuadrado | 330.72 | cm ² |
| Zinf | Módulo resistente inferior | 19375.93 | cm ³ |
| I | Inercia | 757339.49 | cm ⁴ |

Tabla 4.29 Datos de los materiales y características de los elementos.

En la Ilustración 4.10 se muestra un esquema de la forma y dimensiones de la losa doble "T" que se va a emplear en el análisis.

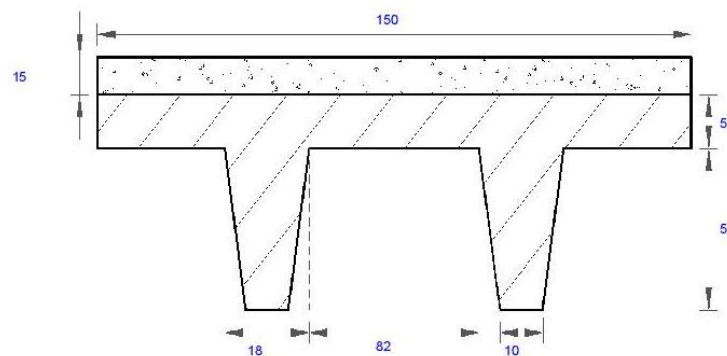


Ilustración 4.10 Configuración de la losa doble "T"

Una vez descritas todas estas variables, procedemos al diseño de última resistencia a flexión. De este análisis (hoja de cálculo) se obtiene un momento flector último (M_u) de 100715.20 kg-m.

Mientras que el momento nominal, o momento flector resistente (ΦM_n) asume un valor de 104339.93 kg-m. Con lo que verificamos que el momento que puede soportar la estructura es mayor al generado por solicitaciones de carga, obteniendo un diseño adecuado.

En cuanto al diseño de última resistencia a cortante, tenemos un cortante vertical último de 39631.48 kg, para lo cual se debe colocar un área de acero de 0.51 cm², mediante varillas de 3/8" a 12.50 cm de separación.

Se adjuntan los planos correspondientes de los elementos losa doble "T", donde se describe a mayor detalle su configuración y elementos; al igual que el montaje sobre estribos.

4.2.4. Conclusiones.

La ampliación del puente San Ramón presenta dificultades debido a la topografía del lugar, motivo por el cual se deben montar estribos considerablemente grandes, de forma que permitan ubicar el tablero del puente actual a la misma cota del existente. Los estribos voluminosos garantizan la estabilidad de la estructura, ya que también alcanzan una cota de cimentación profunda que evitará desgaste por socavación o inestabilidad por deslizamientos o volteos.

El puente viga-losa propuesto está diseñado conforme a todos los requerimientos de los códigos actuales, por lo que está en la capacidad de brindar el servicio de mejorar el flujo vehicular (objetivo principal de este proyecto). Las dimensiones que deben tener sus elementos (peralte de losa y viga) no presentan ninguna dificultad al momento de montar la estructura, refiriéndonos a niveles de agua máximos puesto que el gálibo acepta estas dimensiones y flujo de agua sin ningún inconveniente.

En cuanto a la propuesta con pre-fabricados consideramos que es la mejor opción para la ampliación, dado que para su montaje únicamente requiere la previa construcción de los estribos (los mismos que se diseñaron para el puente viga-losa). Para luego simplemente colocar los elementos losa doble "T" sobre dichos estribos, finalmente requiere la colocación de una capa de rodadura y estará la estructura lista para brindar el servicio a todos los usuarios del sector. Siendo un ahorro significativo tanto de recursos económicos como de fuerza



laboral, al ser el uso de pre-fabricados un método muy tecnificado que acelera los tiempos de operación nosotros hemos visto conveniente la utilización de esta tecnología de construcción para la ampliación del puente “San Ramón”.

4.3. Reforzamiento del Puente San Ramón utilizando fibras de carbono

4.3.1. Introducción

La utilización de Polímeros Reforzados con Fibras (FRP) se debe a la creciente necesidad de reparar o rehabilitar las estructuras de concreto, esta técnica está progresando puesto que genera una reducción en el costo de los materiales en conjunto con los ahorros de mano de obra, la fácil instalación y su alta resistencia, haciendo de esta una alternativa atractiva para el reforzamiento adherido externamente.

En el Puente San Ramón se observa que el reforzamiento externo con FRP es adecuado, debido a que esta estructura se ha visto afectada por fatiga, se pudieron notar descuidos en el proceso constructivo, además teniendo en cuenta los nuevos códigos para el diseño es necesaria una repotenciación de la estructura.

Se recomienda un uso limitado de material FRP cuando la condición del substrato es desconocida o está muy deteriorado y cuando se puede evidenciar una corrosión substancial en curso en el acero de refuerzo. Teniendo siempre en cuenta las recomendaciones y cuidados sugeridos por los fabricantes.

4.3.2. Materiales y Métodos

Luego de realizar la evaluación estructural del puente, sección 2.2, de los resultados obtenidos en la misma se concluyó que el hormigón estructural presente, permite el anclaje de elementos. Siendo así el punto de partida que permite plantear la aplicación de materiales FRP como respuesta a la necesidad de reforzamiento que presenta la estructura. Pudiendo adherir dichas fibras a la estructura para repotenciar la capacidad del puente y alargar su vida útil.

Existen varios métodos para el diseño del concreto reforzado con FRP, entre los cuales se pueden mencionar el desarrollado por el ICBO (International Conference of Building Officials) de Estados Unidos, el Comité de la Sociedad del Concreto del Reino Unido, la Federation International du Beton y el Instituto Americano del Concreto (ACI), en el que presenta una "Guía para el diseño y construcción de sistemas FRP adheridos externamente para el reforzamiento de estructuras de concreto”.

Dentro del mercado local existen los Sistemas Sika, los cuales están compuestos de varios productos como las platinas pre curadas de fibra de carbono Sika CarboDur y tejidos de fibra de carbono y vidrio SikaWrap, mismos que se analizaran y compararan para dar la mejor solución al reforzamiento de la estructura actual.

| Sika CarboDur | | |
|----------------------|--|---|
| DESCRIPCIÓN | Son polímeros reforzados con fibras de carbono pultrusionadas (CFRP) diseñadas para el refuerzo de estructuras de concreto, madera y acero. Las platinas se pegan a la estructura como una armadura externa usando una resina epóxica Sikadur-30. | |
| USOS | Reforzamientos debidos a: Incrementos de cargas <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la capacidad resistente en losas y vigas. • Aumento de tráfico pesado en puentes. • Cambios de uso de la estructura. Daños de elementos estructurales <ul style="list-style-type: none"> • Envejecimiento de los materiales de la estructura. • Corrosión de las armaduras. • Impactos sobre la estructura. | |
| VENTAJAS | <ul style="list-style-type: none"> • No se corroe. • Muy altas resistencias. • Excelente durabilidad. • Ligero y de muy poco peso. • Disponible en cualquier longitud, no requiere juntas. • Espesor total pequeño, puede ser cubierto. • Fácil de transportar. • Fácil solape y entrecruzamiento entre platinas. • Muy fácil de instalar, especialmente en techos. • Excelente resistencia a fatiga. • Requiere una preparación mínima de la platina. • Elevados módulos de elasticidad. • Resistente a ataques alcalinos. • Los extremos de las platinas están limpios sin fibras al descubierto gracias al proceso de pultrusión. | |
| DATOS TÉCNICOS | Densidad Resistencia térmica Contenido volumétrico de fibra Modulo Elástico (valor medio) Modulo Elástico (valor mínimo) Valor medio de la resistencia a tracción Resistencia a tracción (valor mínimo) Alargamiento a rotura (valor mínimo) Deformación de diseño | 1.60 g/cm ³ >150 °C >68% (tipo S) 165000 N/mm ² >160000 N/mm ² 3100 N/mm ² >2800 N/mm ² >1.70 % 0.85 % |

Tabla 4.30 Especificaciones Técnicas Sika CarboDur.

Fuente: Hoja Técnica Sika CarboDur

| SikaWrap 600C | | |
|----------------------|--|---|
| DESCRIPCIÓN | Es un tejido de fibras de carbono unidireccionales, de alta resistencia y alto módulo. El material es saturado en obra usando el sistema epóxico Sikadur 301 para conformar un sistema de polímero reforzado con fibras de carbono, usado para el reforzamiento de elementos estructurales. | |
| USOS | Para el reforzamiento a flexión, cortante, confinamiento de elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas, muros por las siguientes causas: Incremento de cargas <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de volumen de tráfico en puentes • Estructuras con vibración Daño de partes estructurales <ul style="list-style-type: none"> • Envejecimiento de materiales de construcción (corrosión) • Impacto de vehículos y fuego Cambio en el sistema estructural <ul style="list-style-type: none"> • Remoción de secciones de losa y muros para aberturas de acceso. • Defectos de diseño o construcción • Refuerzo insuficiente • Altura insuficiente de los elementos | |
| VENTAJAS | <ul style="list-style-type: none"> • Es flexible, puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja • Alta resistencia y bajo peso • No se corroe • Resistente a sustancias alcalinas y ácidos • Bajo impacto estético | |
| DATOS TÉCNICOS | Resistencia a tensión Módulo de tensión Elongación Dirección de la fibra Peso por m ² Espesor | 4200 N/mm ² 240000 N/mm ² 1,55 % 0° (unidireccional) 610 g 0.34 mm |

Tabla 4.31 Especificaciones Técnicas SikaWrap 600C.

Fuente: Hoja Técnica SikaWrap 600C

4.3.3. Cálculos y Resultados

El mercado ecuatoriano dispone del producto CarboDur S512, y SikaWrap 600C siendo este el equivalente SikaWrap 103C con el cual se realizarán los cálculos.

Utilizando una hoja de cálculo (Flexión-Version 4.4 2003-2010 SI) facilitada por el Ing. Gabriel García, Ingeniero-Asesor Técnica de SIKA ECUATORIANA S.A.-CONCRETE, se obtuvieron los siguientes resultados:

Información de la Estructura Existente:

| Geometría de la sección | | |
|--|----------------------|---|
| $h =$ | 400 mm | Altura de la sección |
| $b =$ | 1000 mm | Ancho de la losa |
| $b_w =$ | 1000 mm | ($b_w = b$ para secciones rectangulares) |
| Está la sección fisurada en el momento de la instalación del FRP? (SI/NO) | | |
| NO | | |
| Información del acero existente | | |
| $A_s =$ | 4020 mm ² | Área del acero a tracción |
| $d =$ | 357 mm | Profundidad efectiva del acero a tracción |
| Información de las cargas | | |
| $M_D =$ | 100 KN.m | Momento total de carga muerta sin mayorar |
| $M_i =$ | 100 KN.m | Momento total sin mayorar |
| $M_L =$ | 284 KN.m | Momento total de carga viva sin mayorar |
| Propiedades de los materiales de la sección | | |
| $f_y =$ | 412 MPa | Esfuerzo de fluencia del acero |
| $E_s =$ | 200000 MPa | Módulo de elasticidad del acero |
| $f'_c =$ | 25 MPa | Esfuerzo a compresión del concreto |

Tabla 4.32 Información Estructura Existente.**Fuente: Autor en base a Flexión-Version 4.4 2003-2010 SI**

Una vez que son introducidos los datos de la estructura actual, el siguiente paso es seleccionar un sistema FRP SIKA para proceder a analizar sus características.

Sika CarboDur

| Tipo de FRP | CarboDur S512 | Sistema FRP SIKA. |
|---------------------|---------------------|--|
| $n_{layers} =$ | 1 | Número de capas de tejido (solo se permite una capa) |
| $n_{sheet} =$ | 13 | Número de tejidos/platinas FRP colocadas lado a lado |
| $f_{fu}^* =$ | 2800 MPa | Esfuerzo a tracción último del FRP |
| $\epsilon_{fu}^* =$ | 0.0169 mm/mm | Deformación unitaria última de rotura |
| $E_f =$ | 160000 MPa | Módulo de elasticidad del FRP |
| $t_f =$ | 1.2 mm | Espesor de diseño nominal de un tejido o platina FRP |
| $b_f =$ | 50 mm | Ancho de diseño nominal de un tejido o platina FRP |
| $A_f =$ | 780 mm ² | Área total del FRP |
| Ambiente | Interior | Ambiente basado en condiciones de servicio. |
| $C_e =$ | 0.95 | Factor de reducción por exposición ambiental 0.95 para interior. |
| $C_{cr} =$ | 0.55 | Esfuerzo de rotura límite (Creep) |
| $\Psi_f =$ | 0.85 | Factor de reducción adicional |

Tabla 4.33 Propiedades del Sistema Sika CarboDur.
Fuente: Autor en base a Flexión-Version 4.4 2003-2010 SI

SikaWrap Hex 103C

| Tipo de FRP | Wrap Hex 103C | Sistema FRP SIKA. |
|---------------------|-------------------------|--|
| $b_{sheet} =$ | 600 mm | Ancho de diseño nominal de un tejido |
| $n_{layers} =$ | 2 | Número de capas de tejido (solo se permite una capa) |
| $n_{sheet} =$ | 1 | Número de tejidos/platinas FRP colocadas lado a lado |
| $f_{fu}^* =$ | 651 MPa | Esfuerzo a tracción último del FRP |
| $\epsilon_{fu}^* =$ | 0.00910 mm/mm | Deformación unitaria última de rotura |
| $E_f =$ | 62354 MPa | Módulo de elasticidad del FRP |
| $t_f =$ | 1.0160 mm | Espesor de diseño nominal de un tejido o platina FRP |
| $b_f =$ | 600 mm | Ancho de diseño nominal de un tejido o platina FRP |
| $A_f =$ | 1219.20 mm ² | Área total del FRP |
| Ambiente | Interior | Ambiente basado en condiciones de servicio. |
| $C_e =$ | 0.95 | Factor de reducción por exposición ambiental 0.95 para interior. |
| $C_{cr} =$ | 0.55 | Esfuerzo de rotura límite (Creep) |
| $\Psi_f =$ | 0.85 | Factor de reducción adicional |

Tabla 4.34 Propiedades del Sistema SikaWrap 103C.
Fuente: Autor en base a Flexión-Version 4.4 2003-2010 SI



SikaWrap Hex 103C (OPTIMIZACION)

| Tipo de FRP | Wrap Hex 103C | Sistema FRP SIKA. |
|-------------------------------------|-------------------------|--|
| bsheet= | 500 mm | Ancho de diseño nominal de un tejido |
| n_{layers} = | 2 | Número de capas de tejido (solo se permite una capa) |
| n_{sheet} = | 1 | Número de tejidos/platinas FRP colocadas lado a lado |
| f_{fu}[*] = | 651 MPa | Esfuerzo a tracción último del FRP |
| ε_{fu}[*] = | 0.00910 mm/mm | Deformación unitaria última de rotura |
| E_f = | 62354 MPa | Módulo de elasticidad del FRP |
| t_f = | 1.0160 mm | Espesor de diseño nominal de un tejido o platina FRP |
| b_f = | 500 mm | Ancho de diseño nominal de un tejido o platina FRP |
| A_f = | 1016.00 mm ² | Área total del FRP |
| Ambiente | Interior | Ambiente basado en condiciones de servicio. |
| C_e = | 0.95 | Factor de reducción por exposición ambiental 0.95 para interior. |
| C_{cr} = | 0.55 | Esfuerzo de rotura límite (Creep) |
| Ψ_f = | 0.85 | Factor de reducción adicional |

Tabla 4.35 Propiedades usadas para la optimización.
Fuente: Autor en base a Flexión-Version 4.4 2003-2010 SI



| RESUMEN DEL REFORZAMIENTO A FLEXION | | Sika CarboDur S512 | SikaWrap Hex 103C | Descripción | | | |
|-------------------------------------|---|--------------------|-------------------|--|-------------------|----------------|-------------|
| CARGAS DE LA SECCIÓN SIN REFORZAR | ΦM_n , sin reforzar (kN-m) | 476 | 474 | Momento resistente | | | |
| | M_u (kN-m) | 574 | 574 | Momento último requerido | | | |
| | FRP | SI | SI | Se requiere reforzar con FRP? | | | |
| REFORZAMIENTO A FLEXIÓN | ΦM_n , sección reforzada (kN-m) | 582 | 583 | Momento de la sección reforzada con FRP | | | |
| | M_u (kN-m) | 574 | 574 | Momento último requerido | | | |
| | Chequeo de la Sección Reforzada | OK | OK | Verificar que ΦM_n , sección reforzada $\geq M_u$ | | | |
| | Chequeo antes del reforzamiento | OK | OK | Chequeo de la resistencia existente del elemento estructural | | | |
| | Chequeo del Esfuerzo de servicio del concreto | NG | NG | Chequeo del esfuerzo límite en servicio. | | | |
| | Chequeo del Esfuerzo de Servicio del Acero | OK | OK | Chequeo del esfuerzo límite en servicio: | | | |
| | Chequeo del Esfuerzo de Servicio del FRP | OK | OK | Chequeo del esfuerzo límite en servicio: | | | |
| | CHEQUEO TOTAL A FLEXION | OK | OK | | | | |
| | | Sika CarboDur S512 | | | SikaWrap Hex 103C | | |
| PARÁMETROS CLAVES EN ESTADO ÚLTIMO | Ubicación del Eje Neutro (mm) | 123.1 | | | 112.9 | | |
| | Modo de Falla | Falla del FRP | | | Falla del FRP | | |
| | | Deform. (mm/mm) | Esfuerzo (MPa) | Fuerza (kN) | Deform. (mm/mm) | Esfuerzo (MPa) | Fuerza (kN) |
| | Fibra Superior a Compresión del Concreto | 0.00229 | 23.20 | 2248 | 0.00245 | 23.12 | 2094 |
| | Acero | 0.00435 | 414.00 | 1664 | 0.00529 | 412.00 | 1656 |
| | Acero Tensionado | 0.00000 | 0.00 | 0 | 0.0000000 | 0.00 | 0 |
| | FRP | 0.00468 | 748.55 | 584 | 0.00576 | 359.11 | 438 |

Tabla 4.36 Resumen del Reforzamiento a Flexión.
Fuente: Autor en base a Flexión-Version 4.4 2003-2010 SI

4.3.4. Conclusiones

Al evaluar las prestaciones que ofrece la estructura actual, podemos corroborar la necesidad de una repotenciación o reforzamiento del puente. En base a los estudios previos se concluye que el hormigón presente es apto para adherir elementos, avalando así la opción de reforzamiento mediante fibras de carbono.

Los materiales FRP son muy adecuados para la situación del puente, ya que son elementos de fácil instalación y significan un gran aporte para la capacidad estructural. En el Puente San Ramón no se evidencian procesos de carbonatación ni tampoco de corrosión considerable, situación que permite la implementación efectiva y segura de las fibras.

En cuanto a costos y beneficios podemos asegurar que las fibras de carbono son la mejor opción, si nos permitimos compararlas con platinas metálicas. Incluso en cuanto a rigidez, peso del material, facilidad de colocación, resistencia a la corrosión y ciertos otros beneficios.

Como se ha analizado las dos opciones de materiales a usar en el reforzamiento son aptos para la repotenciación a flexión como es el caso, los tejidos SikaWrap o a su vez las platinas Sika Carbodur de carbono, siendo estas últimas más fáciles de instalar.

El sistema escogido y recomendado para el reforzamiento son los tejidos de SikaWrap, debido a la facilidad en la optimización del material que significará un ahorro en los costos de la repotenciación.

Consultando la bibliografía existente, se sabe que estos productos se encuentran en pleno desarrollo y siendo sometidos a diferentes pruebas de investigación pudiendo llegar a convertirse en una útil herramienta para la rehabilitación y repotenciación de estructuras, además se sabe que las pruebas realizadas en elementos reforzados a flexión permiten utilizarlo como una alternativa innovadora en este aspecto.



5. Presupuesto Referencial y Especificaciones Técnicas para la Construcción.

5.1. Presupuesto Referencial

A continuación se presenta un presupuesto referencial que es el monto del objeto de una contratación, determinado por la Entidad Contratante, al inicio de un proceso precontractual. Este monto determinado por la Entidad Contratante, no contiene ni debe contener el Impuesto al Valor Agregado, IVA.

| PRESUPUESTO REFERENCIAL | | | | | |
|-------------------------|---|--------|----------|-------------|-----------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | P. Total |
| 1 | INFRAESTRUCTURA | | | | |
| 1.001 | Replanteo y nivelación.(Puentes). | m2. | 80.80 | 1.28 | 103.42 |
| 1.002 | Excavación a máquina en terreno sin clasificar. | m3 | 348.84 | 1.82 | 634.88 |
| 1.003 | Excavación a mano en terreno sin clasificar. | m3 | 17.44 | 10.58 | 184.53 |
| 1.004 | Excavación en lecho de río y conformación de sección hidráulica | m3 | 22.85 | 22.48 | 513.62 |
| 1.005 | Encofrado Recto. (2 Usos) | m2. | 148.00 | 9.58 | 1417.84 |
| 1.006 | Acero de Refuerzo en Barras corte y figurado $f_y=4200$ kg/cm ² | kg | 10718.51 | 3.17 | 33977.69 |
| 1.007 | Hormigón Ciclópeo.(40% Piedra y 60% Ho. So. $f'_c=280$ kg/cm ² .) | m3 | 78.78 | 117.6 | 9264.58 |
| 1.008 | Horm.Estruct.Cemet.Portland.CLASE "A" $f'_c=280$ kg/cm ² .P/ Puentes.(sin encofrados). | m3 | 89.40 | 150 | 13410.00 |
| 1.009 | Material filtrante tipo "B". ($2" < D < 4"$) | m3 | 16.65 | 26.86 | 447.22 |
| 1.010 | Sum. Colocación de Tubería de PVC.D=4".(10 cm.) para mechinales. | m | 33.44 | 6.37 | 213.01 |
| 1.011 | Placas de Neopreno. Dureza shore 60 | m2. | 2.70 | 243.6 | 657.72 |
| 1.012 | Cargado de material a máquina | m3 | 494.34 | 1.33 | 657.47 |
| 1.013 | Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombreras | m3 | 494.34 | 2.18 | 1077.66 |
| 1.014 | Sobre acarreo de materiales para desalojo lugar determinado por el Fiscalizador Distancia > 6Km | m3-km | 2471.696 | 0.25 | 617.92 |
| 1.015 | Entibado continuo de taludes | m2. | 61.02 | 19.81 | 1208.75 |
| 1.016 | Relleno compactado con material de base | m3 | 4.97 | 32.23 | 160.24 |
| 1.017 | Relleno compactado con material de mejoramiento | m3 | 176.49 | 26.22 | 4627.60 |
| SUBTOTAL | | | | | 69174.15 |

Tabla 5.1 Presupuesto referencial Infraestructura.

Fuente: Autor



| 2 | SUPERESTRUCTURA | | | | |
|-----------------|---|-------|----------|-------|-----------------|
| 2.001 | Acero de Refuerzo en Barras, corte y figurado $f_y=4.200 \text{ kg/cm}^2$. | kg. | 4151.21 | 3.17 | 13159.33 |
| 2.002 | Horm.Estruct.Cemet.Portland.CLASE "A" $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.P/ Puentes.(sin encofrados). | m3 | 17.74916 | 150 | 2662.37 |
| 2.003 | Tubería de Hierro Galvanizado D=4" | m | 24.00 | 24 | 576.00 |
| 2.004 | Hormigón Asfáltico espesor 5cm | m2. | 36.80 | 9.41 | 346.29 |
| 2.005 | Encofrado de Madera para Puentes (cercha) | m2. | 36.00 | 12.58 | 452.88 |
| 2.006 | Junta de Dilatación Modelo TJ40 | ml | 10.00 | 11.81 | 118.10 |
| 2.007 | Demolición de vereda | m2. | 7.12 | 5.28 | 37.59 |
| 2.008 | Cargado de material a máquina | m3 | 2.69 | 1.33 | 3.58 |
| 2.009 | Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombreras | m3 | 2.69 | 2.18 | 5.87 |
| 2.010 | Sobre acarreo de materiales para desalojo lugar determinado por el Fiscalizador Distancia > 6Km | m3-km | 13.4596 | 0.25 | 3.36 |
| SUBTOTAL | | | | | 17365.37 |

Tabla 5.2 Presupuesto referencial Superestructura.

Fuente: Autor

| 2 | SUPERESTRUCTURA PREFABRICADO | | | | |
|-----------------|---|-------|---------|-------|----------------|
| 2.001 | Elementos Prefabricados | u | 1.00 | 6000 | 6000.00 |
| 2.002 | Tubería de Hierro Galvanizado D=4" | m | 24.00 | 24 | 576.00 |
| 2.003 | Hormigón Asfáltico espesor 5cm | m2. | 36.80 | 9.41 | 346.29 |
| 2.004 | Junta de Dilatación Modelo TJ40 | ml | 10.00 | 11.81 | 118.10 |
| 2.005 | Demolición de vereda | m2. | 7.12 | 5.28 | 37.59 |
| 2.006 | Cargado de material a máquina | m3 | 2.69 | 1.33 | 3.58 |
| 2.007 | Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombreras | m3 | 2.69 | 2.18 | 5.87 |
| 2.008 | Sobre acarreo de materiales para desalojo lugar determinado por el Fiscalizador Distancia > 6Km | m3-km | 13.4596 | 0.25 | 3.36 |
| SUBTOTAL | | | | | 7090.80 |

Tabla 5.3 Presupuesto referencial Superestructura Prefabricados.

Fuente: Autor

| 3 | REFORZAMIENTO PUENTE EXISTENTE | | | | |
|-----------------|---|-----|-------|--------|----------------|
| 3.001 | Limpieza de acero de refuerzo expuesto | ml | 2.50 | 3.78 | 9.45 |
| 3.002 | Recubrimiento anticorrosivo para protección de acero de refuerzo. Tipo Armortex 108 | u | 1.00 | 10.36 | 10.36 |
| 3.003 | Mortero de reparación estructural. Tipo Sika Top122 | m3 | 0.10 | 18.48 | 1.85 |
| 3.004 | Preparación de superficie de hormigón | m2. | 41.47 | 21.89 | 907.78 |
| 3.005 | Suministro e instalación de mantos tejidos de fibra de carbono para reforzamiento estructural. Tipo Sika Wrap 600C Adherida con epóxico SikaDur 301 | m2. | 41.47 | 168.72 | 6996.82 |
| SUBTOTAL | | | | | 7926.25 |

Tabla 5.4 Presupuesto referencial Reforzamiento Puente Existente.

Fuente: Autor



| 4 | IMPACTOS AMBIENTALES | | | | |
|-----------------|---|-----|--------|--------|---------------|
| 4.001 | Letreros de Información General.(informativa de Proyecto 1.22 m. x 2.44 m.) | u. | 1.00 | 352.68 | 352.68 |
| 4.002 | Señalización con cinta | m. | 150.00 | 0.2 | 30.00 |
| 4.003 | Parante con base de hormigón 20 usos | u. | 10.00 | 5.54 | 55.40 |
| 4.004 | Malla plástica de seguridad. K0001. Suministro e instalación, 5 usos | m. | 50.00 | 0.85 | 42.50 |
| 4.005 | Cobertura deplástico 5 usos | m2. | 80.00 | 0.26 | 20.80 |
| SUBTOTAL | | | | | 501.38 |

Tabla 5.5 Presupuesto referencial Impactos Ambientales.
Fuente: Autor

5.2. Especificaciones Técnicas

OBRA: AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

1. RUBRO: REPLANTEO Y NIVELACIÓN.

Descripción: Demarcación en el terreno de puntos de control del proyecto, necesarios para realizar la obra.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Materiales mínimos: Pingos, clavos, tiras.

Equipo mínimo: Herramienta menor y equipo de topografía.

Personal técnico: Topógrafo, Categoría I.

Requerimientos previos: Definición específica del lugar en donde se ha de implantar la obra, autorizado por fiscalización.

Ejecución y complementación: Ejecución regida a los planos respectivos. Una vez aprobado y revisado por fiscalización se deberán colocar mojones de hormigón en lugares que no sean afectados por la construcción y que permitan el control permanente de ejes, niveles y demás elementos de la construcción.

Medición y pago: Se realizará por m² de terreno replanteado, limpiado y medido.

2. RUBRO: EXCAVACIONES MECÁNICAS (en terreno sin clasificar).

Descripción: Se refiere a la excavación a máquina en el suelo de acuerdo a los planos respectivos y con la provisión del equipo apropiado y la mano de obra solicitada.



Unidad: Metro cúbico (m^3),

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipos mínimos: Retroexcavadora (Definir el modelo y marca).

Personal técnico: Operador del Grupo I, Categoría I.

Requerimientos previos: Trazado, señalización y correcta nivelación en obra de los lugares a ser excavados.

Ejecución y complementación: Se realizará de acuerdo a los planos. Las profundidades y anchos de excavación serán lo suficientemente cómodos para que los obreros trabajen de manera segura. Se debe evitar el ingreso de agua.

Medición y pago: Se pagará por m^3 de excavación ejecutada y medida en obra., con la denominación de los siguientes rubros.

- Excavación mecánica en terreno conglomerado. (m^3).
- Excavaciones mecánicas en terreno sin clasificar. (m^3).

3. RUBRO: EXCAVACIONES MANUAL O A MANO (en terreno sin clasificar).

Descripción: Consiste en el retiro de tierra, maleza, escombros u otros materiales indeseables; de forma que permita la implantación de plintos, cimentaciones, nivelaciones en los sitios definidos.

Unidad: Metro cúbico (m^3).

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipos mínimos: Herramienta menor.

Personal técnico: Categorías I, II y III.

Requerimientos previos: Limpieza, desbroce, nivelación y replanteo del terreno y de la obra, en donde se procederá a la excavación.

Ejecución y complementación: Se realizará de acuerdo a los planos. Todas las excavaciones deberán ser protegidas contra las lluvias y otras aguas.

Medición y pago: Se pagará por m^3 de excavación ejecutada y medida en obra aprobado por el fiscalizador.



4. RUBRO: EXCAVACIÓN EN LECHO DE RÍO Y CONFORMACIÓN DE SECCIÓN HIDRÁULICA.

Descripción: Se refiere a la excavación a máquina en el lecho del río y al reacomodo del material resultante en volúmenes que permitan el desvío del cauce del río y reencauce según las especificaciones del fiscalizador, además de la provisión de tuberías y el equipo apropiado para la obra.

Unidad: Global.

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipo mínimo: Retroexcavadora (Definir modelo y marca).

Personal técnico: Operador Grupo I, Categoría I.

Requerimientos previos: Trazado y señalización en el sitio en donde se realizará el desvío del cauce, autorizado por fiscalización.

Ejecución y complementación: Se removerá material de lecho, construyendo un canal provisional de sección al menos igual a la del cauce del río, en una longitud que permita un normal desarrollo de los trabajos en el sitio de interés. Una vez concluidas las labores en el cauce se tiene que realizar el movimiento de tierras para rellenar las excavaciones dejando la zona afectada igual o similar que al inicio de las obras y finalmente se hará una limpieza a lo largo de 10 m tanto aguas arriba como aguas abajo del puente.

Medición y pago: Se realizará en forma global, previa aprobación de fiscalización.

5. RUBRO: ENCOFRADO RECTO (2 usos).

Descripción: Se refiere a la construcción de las bases para soporte de la fundición del hormigón que contendrán los diferentes elementos que se encuentren diseñados para tal fin.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Materiales mínimos: Tabla de encofrado, tiras de 4 x 5 cm, pingos y clavos.

Equipos mínimos: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría I, II y III.

Requerimientos previos: Todas las armaduras, deberán encontrarse adecuadamente montadas y aprobadas por fiscalización.

Ejecución y complementación: Los encofrados serán construidos lo suficientemente fuertes para resistir la presión resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente a su posición correcta y suficientemente impermeables.

Al colocar hormigón contra las formas, estas deberán estar libres de incrustaciones de mortero u otros materiales extraños que pudieran contaminar el hormigón

Medición y pago: Se realizará por m^2 . Midiendo únicamente las superficies de hormigón que fueron cubiertas por las formas.

6. RUBRO: ACERO DE REFUERZO EN BARRAS, CORTE Y FIGURADO. $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Descripción: Contempla el suministro, traslado hasta la obra, corta, figurado y colocado en obra del acero de refuerzo indicado en los respectivos planos estructurales o detalles constructivos, o autorizados por fiscalización. Incluye la mano de obra necesaria para este trabajo.

Unidad: Kilogramo (kg).

Materiales mínimos: Hierro corrugado, alambre de amarre.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría II, III, maestro titulado Secap (categoría V).

Requerimientos previos: Aprobación por fiscalización de los planos estructurales (diámetros y ubicación).

Ejecución y complementación: Consiste en la colocación de hierro corrugado en los elementos de la estructura correspondientes, según las especificaciones de los planos. Se usarán varillas libres de óxido, libres de contaminación o presencia de materiales extraños que alteren sus características.

Medición y pago: Se pagará por kilogramo medido en obra y aprobado por fiscalización.

7. RUBRO: HORMIGÓN CICLÓPEO: (40% Piedra y 60% Ho.So. $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$).

Descripción: Se refiere a la provisión de cemento, piedra y demás insumos incluye la mano de obra. Mezcla del hormigón de cemento portland y piedra colocada adecuadamente según los planos u órdenes del fiscalizador.

Unidad: Metro cúbico (m^3).



Materiales mínimos: Cemento portland, arena, grava, piedra de canto rodado y agua.

Equipo mínimo: Concretera, Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría I, II, III, y IV.

Requerimientos previos: Espacios para la colocación y fundición del hormigón ciclópeo, debiendo estar completamente niveladas, libres de vegetación y elementos extraños. Debidamente autorizados por fiscalización.

Ejecución y complementación: Consiste en la mezcla del hormigón, colocación adecuada de piedra según los planos u orden del fiscalizador. Se utilizará en la construcción de los elementos definidos en el plano.

Las piedras utilizadas deben tener un espesor menor que 15 cm. El hormigón ciclópeo se constituirá al ir colocando capas alternadas de hormigón simple y piedras.

Medición y pago: Se pagará por m³ de hormigón ciclópeo colocado y medido, con aceptación de la fiscalización.

8. RUBRO: HORMIGÓN ESTRUCTURAL CEMENTO PORTLAND CLASE "A". $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para puentes (sin encofrado).

Descripción: Se refiere al transporte, colocación del hormigón premezclado, incluye la mano de obra. Se colocará el hormigón en los lugares indicados según los planos y con autorización de la fiscalización.

Unidad: Metro cúbico (m³).

Materiales mínimos: Cemento premezclado ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$).

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibradores, otros (el constructor podrá emplear libremente cualquier clase de maquinaria complementaria que le facilite la rápida ejecución de la obra).

Personal técnico: Categoría I, II, III y el personal capacitado para transporte y colocación de hormigón premezclado. (Enviados por la empresa contratada para el fin).

Requerimientos previos:

Fundaciones: excavaciones hechas de acuerdo a los planos y especificaciones, se drenará el agua existente o que apareciere en las excavaciones para la cimentación.



Encofrados: la sustentación de los encofrados deberá ser tal que no permita su desplazamiento durante la vertida y vibrada del hormigón. Los soportes laterales deben resistir la presión de 2400 kg. Los encofrados deberán pulirse, limpiarse y humedecerse previo a la colocación del hormigón. Los encofrados deberán ser reacondicionados, limpiados, rasqueteados y aceitados para un nuevo uso.

Ejecución y complementación:

Colocación del hormigón: Se debe garantizar una masa uniforme y densa previniendo segregaciones y cavidades. Se aplicará vibración a toda la superficie en que se vierte el hormigón y con agujas se vibrará 15 segundos en cada sitio. Se debe revisar y aprobar los encofrados y armaduras previo a la colocación del hormigón. En un lapso de 12 horas no podrán transitar personas o colocar material sobre la obra.

Terminado: las superficies libres (sin encofrado) se deben igualar, obteniendo una cara áspera pero uniforme. Además fallas, cavidades o costuras deberán pulirse o rellenarse con mortero.

Escala de desencofrado: fondos de vigas a los 28 días del llenado, costados de vigas un día. Para aplicación de aditivos se necesita autorización para desencofrar en menor tiempo.

Curado del hormigón: Este proceso empezará de 2 a 4 horas después de la fundición. Los encofrados de madera deberán mantenerse húmedos.

Medición y pago: Se realizará por m³ realmente efectuado, aceptado y comprobado por fiscalización. No incluye acero de refuerzo ni encofrado.

9. RUBRO: MATERIAL FILTRANTE TIPO "B" (2" < D4")

Descripción: Para rellenar zanjas y para poner debajo, alrededor y sobre los tubos de drenaje, como medio permeable para subdrenes, deberá ser roca o piedra triturada y arena dura, limpia y durable, libre de materias orgánicas u otros materiales extraños. Contempla el transporte hasta la obra, colocación y valor del material.

Unidad: Metro cúbico (m³).

Materiales mínimos: Roca triturada de entre 2" a 4" pulgadas.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría I, III y IV.



Requerimientos previos: El material de filtro en el sitio debe cumplir con la granulometría indicada.

| TAMIZ | % que PASA |
|---------|------------|
| 2" | ----- |
| 1 1/2" | ----- |
| 3/4" | 100 |
| 1/2" | 95-100 |
| 3/8" | 70-100 |
| No. 4 | 0-55 |
| No. 8 | 0-10 |
| No. 200 | 0-3 |

Tabla 5.6 Granulometría exigida.

Fuente: Autor

Ejecución y complementación: Los rellenos con material filtrante se realizarán de acuerdo a las indicaciones del fiscalizador. Debiendo él ser quien apruebe la calidad del material.

Medición y pago: Se pagará por metro cúbico debidamente colocado en obra, y mediante aprobación de la fiscalización.

10.RUBRO: SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE PVC. D= 4" (10cm) para mechinales.

Descripción: Contempla la provisión de la tubería de PVC de 4" y más accesorios e insumos que requieren para el trabajo de tendido de la tubería de desagüe, desde y hacia los puntos indicados en los planos o en los que indique la fiscalización.

Unidad: Metro lineal (m)

Materiales mínimos: Tubería de PVC 4", accesorios de PVC, polipega.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría II y III.

Requerimientos previos: Señalización adecuada y autorización por parte de la fiscalización en los sitios necesarios.

Ejecución y complementación: Se colocarán los tubos con las pendientes indicadas en los planos. Los materiales que se usarán deben ser revisados y aprobados por la fiscalización.

Medición y pago: El pago se realiza por metro lineal, previa medición de tubería colocada. El pago incluye el costo del material, accesorios, mano de obra, y todos los trabajos que se requieran.



11.RUBRO: PLACAS DE NEOPRENO.

Descripción: Hace referencia al suministro y colocación de sistemas de apoyo para el tablero del puente.

Unidad: Metro cuadrado (m2).

Materiales mínimos: Placas de apoyo de Grado 3, Dureza Shore 60 (DS).

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría I.

Requerimientos previos: Los acabados de la infraestructura deberán estar adecuados para la colocación de la placa de neopreno, debidamente limpio.

Ejecución y complementación: Se colocarán previo a la fundición de las vigas del puente en la ubicación mostrada en los planos. Se colocará embebida en el hormigón.

Medición y pago: Se realizará el pago por unidad de neopreno instalada conforme a los planos y aprobación de fiscalización.

12.RUBRO: CARGADO DE MATERIAL A MÁQUINA.

Descripción: Se refiere a la colocación del material extraído en la obra así como escombreras en los vehículos de transporte.

Unidad: Metro cúbico (m3)

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipo mínimo: Cargadora frontal (Definir modelo y marca).

Personal técnico: Operador capacitado.

Requerimientos previos: El material extraído debe estar acomodado de forma que la cargadora tenga acceso libre a este. Espacio libre de maniobra.

Ejecución y complementación: La cargadora frontal se encargará de colocar el material de excavación y escombros en los vehículos de transporte. Haciendo una coordinación de tiempos que le permita optimizar el tiempo de operación.

Medición y pago: El pago se realiza por metro cúbico ubicado en el vehículo de transporte.



13.RUBRO: TRANSPORTE DE MATERIALES HASTA 6 km, INCLUYE PAGO EN ESCOMBRERAS.

Descripción: Se refiere al cargado y transporte del material desechado de la obra, así como escombreras pero a una distancia no mayor a 6 km.

Unidad: Metro cúbico (m3).

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipo mínimo: Equipo de transporte, volquete de 18m3.

Personal técnico: Categoría I, Operador del volquete (Con el permiso de conducción adecuado).

Requerimientos previos: El material debe estar ubicado y plenamente identificado para su transporte.

Ejecución y complementación: Se realizará los viajes necesarios para desalojar todo el material que se debe transportar.

Medición y pago: Se pagará por volumen transportado desde la obra hasta una distancia de 6 km.

14.RUBRO: SOBRECARGO DE MATERIALES PARA DESALOJO, LUGAR DETERMINADO POR EL FISCALIZADOR. DISTANCIA > 6 km.

Descripción: Se refiere al cargado y transporte del material desechado de la obra, así como escombreras pero a una distancia mayor a 6 km.

Unidad: Metro cúbico (m3).

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipo mínimo: Equipo de transporte, volquete de 18m3.

Personal técnico: Categoría I, Operador de volquete (Con el permiso de conducción adecuado).

Requerimientos previos: El material debe estar ubicado y plenamente identificado para su transporte.

Ejecución y complementación: Se realizará los viajes necesarios para desalojar todo el material que se debe transportar.

Medición y pago: Se pagará por volumen transportado desde la obra hasta una distancia superior a los 6 km.

15.RUBRO: ENTIBADO CONTINUO DE TALÚDES.



Descripción: Consiste en la colocación de estructuras que retienen la caída de materiales a la obra, garantizado la seguridad de los trabajadores y facilitando la realización del trabajo.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Materiales mínimos: Tablero metálicos y tabiques.

Equipo mínimo: Ninguno.

Personal técnico: Categoría I.

Requerimientos previos: Los taludes deben tener las pendientes aprobadas por la fiscalización, de modo que garanticen su estabilidad para disminuir la posibilidad de deslizamientos de tierra.

Ejecución y complementación: Se colocarán los tableros metálicos y tabiques a lo largo de los taludes especificados en los planos y existentes en la obra.

Medición y pago: La medición y pago se realiza por metro cuadrado de tableros y tabiques que se encuentren en contacto con los taludes especificados por fiscalización.

16.RUBRO: RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL BASE.

Descripción: Incluye el suministro y colocación en obra de material granular para conferir condiciones apropiadas para el tránsito vehicular. Se aplicará las normas del Ministerios de Obras Públicas (MOP).

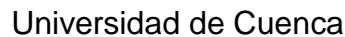
Unidad: Metro cúbico (m³).

Materiales mínimos: Material de reposición, material base clase 2, sub base.

Equipo mínimo: Herramienta menor, compactador manual.

Personal técnico: Categoría I, III y IV.

Requerimientos previos: El material de base será de Clase 2 consistirá en fragmentos de roca sólidos y de cantos rodados en un porcentaje no menor al 60% en peso. El material, estará constituido de fragmentos limpios, resistentes y durables, libres de exceso de partículas alargadas. Estabilizados con agregados finos provenientes de la trituración o de un suelo fino seleccionado en caso de que se requiera para cumplir con las especificaciones de granulometría y plasticidad. Además estará exenta de material vegetal, grumos de arcilla u otro material inconveniente. Los diferentes agregados que constituyen los componentes de la base, serán mezclados en planta central y graduados uniformemente de grueso a fino.



Graduación de base de agregados triturados

| | |
|---------|--------------------|
| Tamiz | % en peso que pasa |
| 2" | 100 |
| 1.5" | 70-100 |
| 1" | 55-85 |
| 3/4" | 50-80 |
| 3/8" | 35-70 |
| No. 4 | 25-50 |
| No. 10 | 20-40 |
| No. 40 | 10-25 |
| No. 200 | 2-12 |

Fuente: Autor

| | |
|-----------------------|------------|
| Ensayo | |
| CBR | mínimo 80% |
| Límite Líquido | máximo 25 |
| Índice de plasticidad | máximo 6 |
| Equivalente de arena | mínimo 30 |

Los siguientes ensayos se realizarán para controlar la calidad de la construcción de la capa de base.

Densidad máxima y húmeda óptima: Ensayo AASHTO T-180, método D.
Densidad de Campo: Ensayo AASHTO T-147.

La densidad de la capa compactada deberá ser como mínimo el 100% de la máxima densidad obtenida según el ensayo AASHTO T-180 método D.

Medición y pago: Los materiales de base y sub-base serán cuantificados y pagados en metros cúbicos. Para el efecto se determinará en obra los volúmenes de material luego de haber sido tendidos y compactados. El precio unitario incluye el esponjamiento.



17.RUBRO: RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO.

Descripción: Hace referencia a la provisión del material de relleno en el sitio de la obra, más insumos incluido mano de obra, equipo liviano, para la realización de rellenos compactados con material de mejoramiento de acuerdo a especificaciones o a las indicaciones del fiscalizador.

Unidad: Metro cúbico (m³).

Materiales mínimos: Material de mejoramiento, agua.

Equipo mínimo: Herramienta menor, compactador manual.

Personal técnico: Categoría I, III y IV.

Requerimientos previos: Todas las obras de infraestructura o aquellas que irán bajo el relleno deberán estar concluidas y con visto bueno de la fiscalización.

Ejecución y complementación: Los rellenos compactados con material de mejoramiento se harán de acuerdo a las indicaciones del fiscalizador, se utilizarán para estos casos materiales de mejoramiento, el mismo que debe tener el visto bueno del fiscalizador y cumplir con las normas de granulometría para el efecto.

Para la compactación se empleará herramienta menor, así como un compactador manual, el trabajo se efectuará en capas no mayores de 25cm, de así requerirlo se agregará agua en cantidad específica, con aprobación de fiscalización, previa a la compactación.

Medición y pago: El material de mejoramiento su transporte o suministro a la obra, colocación del material y relleno compactado, será medida para su pago por m³ de material, debidamente colocado en obra, comprobado mediante ensayos de compactación y autorizado por el fiscalizador.

18.RUBRO: TUBERÍA DE ACERO GALVANIZADO. D=4". Espaciamiento 3m (para pasamano).

Descripción: Se refiere a la provisión del tubo galvanizado, más los aditamentos e insumos necesarios para la construcción y colocación en obra.

Unidad: Metro lineal.

Materiales mínimos: Tubo de acero galvanizado D=4", suelda.

Equipo mínimo: Herramienta menor, soldadora.



Personal técnico: Obreros de la Estructura Ocupacional E2 (ayudante) y C2 (maestro de obra).

Requerimientos previos: Se necesita que los elementos que sustentarán el pasamano estén terminados.

Ejecución y complementación: Los tubos de hierro serán galvanizados y del tipo poste de diámetro 4". Serán colocados en los lugares indicados en los planos de diseño o los que indiquen fiscalización.

Los tubos verticales deben ir empotrados en muros o en dados de hormigón, por lo que si el muro de soporte se construye para este propósito se tiene que dejar empotrando los tubos verticales en una profundidad de al menos 40 cm, si se va a instalar sobre un muro existente se tiene que realizar un picado para poder empotrar los tubos, o si no se va a construir el muro se tiene que empotrar los tubos en dados de hormigón de 20x20x60 cm, rubro que se tiene que reconocer al constructor en forma independiente.

Medición y pago: La medición y pago se efectuará por metro lineal de tubo de cerramiento colocado en obra, y en su pago, que se hará al precio contractual, se incluirá todos los materiales que la componen para su colocación en obra, y aprobadas por fiscalización, los mismos no presentarán muestras de deterioro para su recepción.

19.RUBRO: HORMIGÓN ASFÁLTICO, ESPESOR 5cm.

Descripción: Se utiliza el mismo hormigón estructural cemento portland $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Unidad: Metro cúbico (m3).

Materiales mínimos: Cemento premezclado ($f'c=280 \text{ kg/cm}^2$).

Equipo mínimo: Herramienta menor, vibradores, otros (el constructor podrá emplear libremente cualquier clase de maquinaria complementaria que le facilite la rápida ejecución de la obra).

Personal técnico: Categoría I, II, III y el personal capacitado para transporte y colocación de hormigón premezclado. (Enviados por la empresa contratada para el fin).

Los requerimientos previos, ejecución y complementación y medición y pago se efectúan de la misma forma que hormigón estructural cemento portland $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$.



20.RUBRO: ENCOFRADO DE MADERA PARA PUENTES (cercha).

Descripción: Se refiere a la construcción de las bases para soporte de la fundición del hormigón que contendrán los diferentes elementos que se encuentren diseñados para losa y vigas de puentes de hormigón armado.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Materiales mínimos: Tabla de encofrado, tiras de 4 x 5 cm, pingos y clavos.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Estructura Ocupacional E2, peón y ayudante y D2

Requerimientos previos: Todas las armaduras, deberán encontrarse adecuadamente montadas y aprobados por fiscalización.

Ejecución y complementación: Los encofrados serán construidos lo suficientemente fuertes para resistir la presión resultante del vaciado y vibración del hormigón, estar sujetos rígidamente a su posición correcta y suficientemente impermeables. Se debe contar con un diseño de cerchas de encofrado.

Al colocar hormigón contra las formas, estas deberán estar libres de incrustaciones de mortero u otros materiales extraños que pudieran contaminar el hormigón.

Medición y pago: Se realizará por m². Midiendo únicamente las superficies de hormigón que fueron cubiertas por las formas.

21.RUBRO: JUNTA DE DILATACIÓN MODELO TJ40.

Descripción: Elemento utilizado para empalmar la estructura antigua con la nueva.

Unidad: Global.

Materiales mínimos: Junta de dilatación modelo TJ40.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría II.

Requerimientos previos: La demolición de la vereda de la estructura antigua, debidamente marcada en los planos y previa autorización de fiscalización. Debe estar terminada la obra de ampliación.



Ejecución y complementación: Se coloca la junta en medio de la estructura antigua y la ampliación. Dichas juntas permiten la expansión o contracción por temperatura de las estructuras.

Medición y pago: El pago se realizará por junta colocada previa revisión por fiscalización.

22.RUBRO: DEMOLICION DE VEREDA.

Descripción: Consiste en la demolición y retiro de la estructura de la vereda, siguiendo el esquema definido en los planos de detalle, además después de la aprobación del fiscalizador.

Unidad: Metro cuadrado (m2).

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría II.

Requerimientos previos: Clara delimitación de la zona a demoler.

Ejecución y complementación: Se removerán las estructuras marcadas en los planos de detalle, además con la aprobación debida del fiscalizador. Cuidando de respetar los límites establecidos.

Medición y pago: El pago se realizará por metro cuadrado demolido y removido, luego que el fiscalizador de el visto bueno al trabajo realizado.

23.RUBRO: ELEMENTOS PREFABRICADOS.

Descripción: Considera materiales, elaboración y montaje de la losa prefabricada, incluye mano de obra y transporte.

Unidad: Global.

Materiales mínimos: Ninguno.

Equipo mínimo: Grúas, vehículos de transporte.

Personal técnico: Personal capacitado, categoría III.

Requerimientos previos: Las obras previas de estribos deben estar terminadas para el montaje de elementos prefabricados.

Ejecución y complementación: Una vez terminada la construcción de estribos se procede al montaje de los elementos pretensados con la ayuda de



grúas, cuidando que las losas se coloquen adecuadamente sobre los estribos como se indica en los planos.

Medición y pago: El pago se realiza de forma global y se efectúa una vez montados los elementos prefabricados en la obra.

24.RUBRO: LIMPIEZA DE ACERO DE REFUERZO EXPUESTO

Descripción: Consiste en la limpieza de óxido del acero de refuerzo expuesto.

Unidad: metro lineal (m).

Ejecución y complementación: Se limpiará el acero de refuerzo para que este esté limpio, libre de óxido, o cualquier otra sustancia extraña, mediante chorro de arena, grata metálica o lija, y así procede a colocar en el acero un recubrimiento anticorrosivo, y fundir hormigón que proteja el hormigón.

Medición y pago: Se pagara por metro lineal, de acero de refuerzo debidamente limpiado, libre de óxido, aprobado por fiscalización.

25.RUBRO: RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO PARA PROTECCION ACERO DE REFUERZO TIPO ARMATEC 108 O SIMILAR

Descripción: Es la aplicación de un recubrimiento protector, cementoso, modificado con resina acrílica, de dos componentes, con inhibidor de corrosión que impide la oxidación del acero de refuerzo

Donde se encuentre corrosión en el acero de refuerzo, se deberá picar el concreto alrededor de la barra dejándola libre por lo menos un diámetro, eliminar el óxido de la misma por medio de chorro de arena. Sobre las barras ya limpias se aplicará un recubrimiento repasivador e inhibidor de corrosión para proteger el acero de refuerzo, y finalmente restituir el concreto con mortero de reparación estructural con excelente adherencia de soporte, alta resistencia y reforzado con fibras sintéticas.

Unidad: Kilogramo (kg).

Ejecución y complementación: Antes de la aplicación del producto, se limpiará el acero de refuerzo para que este esté limpio, libre de óxido, o cualquier otra sustancia extraña.

Mezclar los componentes hasta obtener una mezcla homogénea, de color uniforme y libre de grumos.

El producto se aplica sobre el acero de refuerzo, mediante el empleo de una brocha o un cepillo de cerdas semiduras. Deben aplicarse dos (2) capas como



mínimo. La primera capa deberá dejarse secar 6 horas mínimo antes de aplicar la segunda capa. Puede aplicarse una tercera capa cuando la segunda haya secado 12 horas.

Para la colocación del concreto o mortero de relleno, debe transcurrir como mínimo 24 horas después de aplicado la última capa del recubrimiento anticorrosivo, antes de colocar el concreto o mortero de relleno.

La limpieza de las herramientas, mientras el producto esté fresco, se hace con agua.

Medición y pago: Se pagará por kilogramo (kg) efectivamente utilizado. El producto debe ser aprobado por fiscalización, previo a su instalación.

26.RUBRO: MORTERO DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL TIPO SIKA TOP 122 O SIMILAR

Descripción: Consiste en la reparación de las zonas picadas de la superficie con mortero de reparación de 2 componentes (con propiedades de alta resistencia mecánica), en elementos estructurales de hormigón vigas columnas para recuperar las secciones posterior al tratamiento en el acero de refuerzo y del tratamiento inhibidor de corrosión, para colocar posteriormente el reforzamiento de los mantos de fibra de carbono.

Unidad: Metro cúbico (m3).

Ejecución y complementación: La superficie a aplicar debe estar sana, limpia, libre de recubrimientos. En superficies de hormigón muy lisas, se debe darle rugosidad mediante medios mecánicos.

La mezcla de los componentes, se lo debe hacer hasta obtener un mortero homogéneo, manejable, de color uniforme, exento de grumos.

Previo a la aplicación del producto, se humedecerá la superficie en la que se aplicará el mortero. Se aplicará el producto aplicando una pequeña cantidad frotándolo fuertemente mortero contra la superficie a aplicar. Se espera unos minutos y se aplica el producto en capas de hasta 2cm. (hasta 4 cm por aplicación). Para aplicar una siguiente capa se debe esperar por lo menos 20 minutos.

Se debe realizar el curado inmediatamente después de aplicar el mortero.

Se debe tomar en cuenta todas las medidas para poder aplicar con comodidad el material a la altura en la que se encuentren las vigas u otros elementos estructurales.



Medición y pago: La medición se la hará en unidad de volumen y su pago será por litro de relleno o recuperación, multiplicando la base por la altura y profundidad. El producto debe ser aprobado por fiscalización, previo a su instalación.

27.RUBRO: PREPARACION DE SUPERFICIE DEL HORMIGÓN.

Descripción: Se refiere a la preparación de la superficie de hormigón donde se realizará el reforzamiento o reparación del hormigón, hasta llegar a un grado de rugosidad o un perfil de la superficie del hormigón; con el equipo, método apropiado; de acuerdo a las recomendaciones del Instituto Internacional de Reparación del Hormigón ICRI.

Unidad: Metro cuadrado (m²).

Ejecución y complementación: Como primer paso se retirará la pintura, masillados, enlucidos, recubrimiento, o cualquier otra sustancia extraña que no sea el hormigón que pertenece al elemento estructural.

Posteriormente con el equipo y el personal adecuado se obtendrá al perfil de superficie del hormigón deseado de acuerdo a las recomendaciones del ICRI.

Dentro de esta actividad se incluye el redondeo de las esquinas con un radio indicado en los planos estructurales. Este redondeo o chaflanado redondo se controlara por la fiscalización previa a la autorización de la instalación de los sistemas compuestos.

Medición y pago: La medición se la hará en unidad de superficie y su pago será por metro cuadrado, multiplicando la base por la altura. La preparación de la superficie debe ser aprobada por fiscalización y/o el proveedor de la platina de fibra de carbono a instalar.

28.RUBRO: SUMINISTRO E INSTALACION DE MANTOS TEJIDOS DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL TIPO SIKAWRAP 600 C O SIMILAR ADHERIDA CON EPOXICO SIKADUR 301 O SIMILAR.

Descripción: El SikaWrap-600 C o similar es un tejido de fibra de carbono unidireccional para aplicación en húmedo con el sistema epóxido Sikadur-301 o similar. Como requisito del ACI 440 se comprobara: Resistencia a tracción mínima del substrato: 1,0 N/mm²

Unidad: Metro cuadrado (m²).



Ejecución y complementación:

Preparación de la superficie: Los desniveles de la superficie no deben exceder de 1/32 in. (1 mm). El sustrato debe estar limpio, sano, y libre de humedad. Remover por medios mecánicos el polvo, residuos de lechada, grasa, aceite, agentes curadores, impregnaciones, partículas extrañas, recubrimientos y materiales sueltos. Para mejores resultados, el sustrato debe estar seco. Sin embargo, una superficie ligeramente húmeda es aceptable.

Mezclado: Pre mezclar el componente A, El componente B no requiere mezclado. Mezcle la unidad completa, no divida las unidades. Vierta el componente B en el A. Mezcle totalmente durante 5 minutos usando un mezclador mecánico de bajas revoluciones (400-600 rpm) hasta que la mezcla sea uniforme.

Aplicación como sellador superficial: Aplique el Sikadur 301 mezclado sobre la superficie usando una brocha o rodillo. Debe saturarse completamente la superficie con el Sikadur 301. El grado de cubrimiento depende de la porosidad de la superficie.

Como resina de impregnación: Sature el tejido SikaWrap hasta que las fibras queden totalmente húmedas.

Para instalaciones verticales y sobre cabeza, puede usarse el Sikadur 330 para imprimir el sustrato antes de la colocación del tejido.

El Sikadur 301 puede aplicarse tanto en sistema seco como en sistema húmedo.

El Sikadur 301 debe aplicarse manualmente con brocha o rodillo sobre ambas caras del tejido SikaWrap. Luego de saturado, se debe quitar el exceso de resina usando una espátula de goma.

Debido a la viscosidad del Sikadur 301, no debe usarse un saturador mecánico.

Estructura del sistema

La configuración del sistema debe ser cumplida tal como está descrita y no debe ser cambiada.

Imprimación del concreto – Sikadur – 301 o similar.

Resina de Impregnación de la tela - Sikadur-301 o similar.

Tela de reforzamiento estructural - SikaWrap-600 C o similar.



Requerimientos previos:

Resistencia de adherencia a tensión mínima: 1.5 N/mm² o como especificada por el diseño del reforzamiento Instrucciones de aplicación.

Método de aplicación: La tela puede ser cortada con tijeras de tipo industrial o para trabajo pesado.

Nunca doble la tela

Referirse a la hoja técnica Sikadur-300/301 para el procedimiento de impregnación /laminado.

Notas sobre la aplicación: Este producto solo debe ser usado por profesionales experimentados.

Mínimo radio de las esquinas requerido: > 20 mm. Puede ser requerido pulido de las esquinas o conformación con mortero Sikadur.

Traslapo en la dirección de la fibra debe ser al menos de 100 mm dependiendo del tipo de tela SikaWrap o como especificado en el diseño del reforzamiento.

Para aplicación lado a lado no se requiere de longitud de traslapo en el sentido transversal. Traslapos de capas adicionales deben ser distribuidos sobre la circunferencia de la cúpula.

La aplicación del reforzamiento tiene incidencia estructural y debe tenerse especial cuidado en la escogencia de contratistas experimentados.

La tela SikaWrap-600 C es recubierta para asegurar máxima adherencia y durabilidad con las resinas Sikadur de impregnación /laminación. Para mantener la compatibilidad del sistema no intercambiar las partes del sistema.

El SikaWrap-600 C puede/debe ser recubierto con un mortero cementoso o recubrimientos para propósitos estéticos o de protección. La selección depende de los requerimientos de exposición.

El caso de que se efectúen reparaciones locales en el área de pega del sistema como resane de hormigueros, recuperación de secciones, re perfilado o nivelación de la superficie con morteros cementosos tipo SikaTop o SikaGrout, se debe esperar mínimo entre 14 y 20 días dependiendo de las condiciones ambientales antes de instalar las láminas. Si el resane se hace con mortero epóxico como Sikadur 330 más arena o Sikadur 301 más arena o mortero EpoCem (epoxi cemento) la instalación puede hacerse 24 horas después.



En la planeación del trabajo de reforzamiento deben ser tomados en cuenta las interferencias u obstáculos existentes.

El trabajo de reforzamiento debe ceñirse de acuerdo a las cantidades y disposición de refuerzo especificadas por el diseñador y consignados en los planos de taller correspondientes.

El diseño del reforzamiento con el sistema Sika Wrap es responsabilidad del contratante o diseñador. Sika suministra guías de diseño con base en las cuales el calculista efectúa la evaluación para las condiciones específicas del proyecto. Previo a los trabajos de reforzamiento se debe disponer de los planos con los detalles y especificaciones del reforzamiento. Si el diseñador lo considera necesario puede suministrar el cálculo a Sika para una verificación independiente. Sin embargo la responsabilidad es del diseñador. Para los datos técnicos y otra información remitirse a la hoja técnica del producto.

Espesor del refuerzo externo: El espesor t_l de las telas CFRP a usar en el diseño se obtiene de las especificaciones. Si se coloca una tela encima de la otra para sistemas curados en sitio como las telas se pueden aplicar máximo 5 capas.

Mezcla de la resina epoxica del tejido: La temperatura ambiente y la temperatura de los componentes epóxicos deben estar entre 20°C y 33°C (65°F a 85°F) en el momento de la mezcla para facilitar el mezclado.

Los componentes del epóxico deberán ser mezclados mecánicamente.

Componentes que hayan excedido el tiempo de vida útil no deben ser usados. Se deben evitar un mezclado excesivo para evitar la incorporación de aire en la mezcla.

Tanto el epóxico como el tejido deben ser medidos con exactitud, preparados y asentados uniformemente a la rata o velocidad mostrada en los planos y/o según las especificaciones de trabajo aprobados y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de acuerdo al tipo de productos usados.

Aplicación y curado del material compuesto: El material compuesto que es la combinación de las fibras saturadas con las resina epóxica debe ser aplicada sobre la superficie usando un método que produzca una fuerza de tensión uniforme y constante que es distribuida en todo el ancho del tejido. La fibra puede ser colocada completamente por métodos manuales asegurando una apariencia final suave y uniforme.

Espacio entre bandas no debe exceder a media pulgada de ancho en las juntas horizontales. La longitud de traslapo que se requiere en las juntas verticales del sistema de reforzamiento se registrará de acuerdo al diseño. En el caso de que no



se especifique la longitud del traslapo requeridas en las juntas verticales debe ser mínimo igual a 15 cm (6"). Las juntas verticales no deben ser coincidentes en su posición. La banda horizontal debe ser continua alrededor del elemento y debe haber un traslapo mínimo con respecto al punto de partida de acuerdo al diseño y en el caso de columnas de mínimo 15 cm (6").

El sistema de reforzamiento debe ser inspeccionado completamente por el inspector durante e inmediatamente luego de la aplicación de los materiales compuestos. Aire atrapado debe ser evacuado antes de que el epóxico cure. Además cada capa individual del compuesto debe estar asentada firmemente y adherida a la capa precedente o sustrato.

Temperatura de curado del epóxico debe ser mantenida en el rango de temperatura designado para la formulación usada. Los rangos de temperatura de curado deben ser determinados por el fabricante. El material compuesto curado debe tener un espesor y densidad uniforme y registrar adherencia entre capas y ausencia de porosidad.

Registrar el número de lote del material usado. Se deben preparar dos muestras diariamente. Las muestras consisten en dos capas de fibra de 12" (30 cm) por 12" (30 cm).

Mezclar muestras de resina epóxica de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Los componentes de resina deben ser tomados de los mismos lotes a usar en el proyecto.

La fiscalización o interventoría deberá observar continuamente todos los aspectos de preparación, mezcla y aplicación de materiales, incluyendo lo siguiente:

Preparación de superficie

Lotes de fabricación de los materiales

Uso de los equipos y herramientas adecuados

Mezclado del epóxico

Aplicación del epóxico sobre la fibra

Curado de los materiales compuestos

Todos los aspectos relacionados con la especificación del trabajo de reforzamiento. Idoneidad del personal involucrado en el proyecto de Reforzamiento

Medición y pago: Se pagará de acuerdo a medida de superficie medida en m² por área del manto de fibra instalado.



29.RUBRO: LETREROS DE INFORMACIÓN GENERAL (Informativos del proyecto).

Descripción: Son informativos en los que se dará una descripción del proyecto que se realiza, plazos y demás datos de interés para los pobladores. También se considera advertencias de precaución y peligro. Información de ubicación de herramientas y maquinaria, zonas de colocación de desperdicios. Delimitación de zonas de trabajo.

Unidad: Global.

Materiales mínimos: Letreros con la información pertinente.

Equipo mínimo: Herramienta menor.

Personal técnico: Categoría I.

Requerimientos previos: Ninguno.

Ejecución y complementación: Se colocarán en los lugares indicados por la fiscalización.

Medición y pago: Se realizará el pago por letreros colocados y aprobados por fiscalización.

30.SEÑALIZACIÓN CON CINTA:

Descripción: Este rubro consiste en el suministro e instalación de cinta plástica para la demarcación perimetral de áreas de trabajo, la misma que se colocará sobre los parantes con base de hormigón.

Unidad: Metros cúbicos (m3)

Mano de Obra Calificada: Peón, Operador Cargadora Frontal

Requerimientos previos: La cinta instalada debe ser altamente visible incluso a gran distancia y debe cumplir las siguientes especificaciones:

Material: Polietileno.

Espesor: 55 micrones.

Ancho: 3 pulgadas (7,5 cm.)

Tipo: Lámina en rollos.

Impresión: Doble cara a 2 colores.



Medición y pago: El suministro e instalación de cintas se medirá en metros, con aproximación de dos decimales. El pago será en función de la cantidad real suministrada, instalada y aprobada por la Fiscalización. No se reconocerán pagos adicionales por Cintas que sean retiradas sin la autorización de la fiscalización o substraídas del sitio donde fueron instaladas, siendo responsabilidad del Contratista su reposición hasta que el proyecto lo requiera.

El pago de este rubro se realizará cuando se haya cumplido la función para la cual fueron instaladas las cintas y se cuente con la autorización de la fiscalización.

31. PARANTE CON BASE DE HORMIGÓN, 20 USOS:

Descripción: Este rubro consiste en el suministro e instalación de postes delineadores, en los cuales se colocará la cinta de demarcación, de modo de obtener una buena guía visual en las áreas donde se efectúen trabajos.

Unidad: Unidad (u)

Materiales Mínimos:

Equipo Mínimo: herramienta menor

Mano de Obra Calificada: Peón

Requerimientos previos: Los postes estarán constituidos por un soporte y por un parante. El soporte de los postes será una base de hormigón $f'c = 140 \text{ Kg./cm}^2$ de 25 x 25 x 20 cm, y el parante será de madera de al menos un metro de alto y de al menos 5 x 5 cm de sección.

Medición y forma de pago: El suministro e instalación de los postes delineadores se medirá en unidades. El pago será en función de la cantidad real suministrada, instalada y aprobada por la Fiscalización. No se reconocerán pagos adicionales por Postes delineadores que sean retiradas sin la autorización de la fiscalización o substraídas del sitio donde fueron instaladas, siendo responsabilidad del Contratista su reposición hasta que el proyecto lo requiera.

El pago del suministro e instalación de poste delineador deberá considerar la reutilización de los mismos, en al menos 5 veces, siendo responsabilidad del contratista su retiro e instalación en un nuevo frente de trabajo. El pago de este rubro se realizara cuándo se haya cumplido la función para la cual fueron instalados los postes delineadores y se cuente con la autorización de la fiscalización.



32. MALLA PLÁSTICA DE SEGURIDAD:

Descripción: Cumple la misma función que el rubro anterior, sin embargo esta rodeará la obra a fin de impedir el fácil ingreso de contaminantes a la zona de la obra.

Unidad: Unidad.

Medición y pago: Se paga en forma global, cuando la malla hayan sido ubicados en todos los sectores necesarios, haciendo la delimitación exigida por fiscalización.

33. COBERTURA DE PLÁSTICO 5 USOS:

Descripción: Este rubro se utilizará para cubrir el material de relleno acumulado.

Unidad: Metros cuadrados (m2)

Materiales Mínimos: Plástico

Equipo Mínimo: N/A

Mano de Obra Calificada: Peón, Operador Cargadora Frontal

Medición y forma de pago: La medición y forma de pago será por metro cuadrado de plástico colocado. No se reconocerán pagos adicionales por plástico retirado sin la autorización de la fiscalización o substraído del sitio donde fue instalado siendo responsabilidad del Contratista su reposición hasta que el proyecto lo requiera.



6. Referencias.

- [1] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM C876-91, West Conshohocken, PA, USA, 1999.
- [2] American Concrete Institute, Especificaciones para Concreto Estructural, Farmington Hills, MI, USA, 2010.
- [3] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR, "NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP," Quito, 2013.
- [4] MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR, Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, Quito, 2003.
- [5] GAD Municipal de Sígsig, "ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE SÍGSIG," Sígsig, 2012.
- [6] F. C. Castro, HORMIGÓN PRETENSADO. Diseño de elementos isostáticos., Cuenca.
- [7] American Concrete Institute, Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, Farmington Hills : American Concrete Institute, 2008.
- [8] J. P. M. Vide, Ingeniería de ríos, Barcelona: ALFAOMEGA, 2003.
- [9] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Sígsig y sus Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales, "PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SÍGSIG," Sígsig, 2012.
- [10] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, "INEC," [Online]. Available: www.ecuadorencifras.gob.ec. [Accessed 05 Enero 2015].
- [11] GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SÍGSIG, "FICHA AMBIENTAL DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LAS COMUNIDADES DE DACTE Y CALLANCAY PERTENECIENTE AL CENTRO CANTONAL DE SÍGSIG," Sígsig, 2014.
- [12] INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO -



INECYC, "Control de Calidad en el Hormigón," NOCIÓN, Quito, 2009.

[13] R. R. JUAREZ BADILLO, MECÁNICA DE SUELOS. TOMO 3. FLUJO DE AGUA EN SUELOS, México, D.F: LIMUSA, 2004.

[14] I. C. L. Soto, INGENIERÍA DE PUENTES, 2002.

[15] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010.

[16] American Association of State Highway and Transportation Officials, Geometric Design of Highways and Streets, Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004.

7. Anexos.

Anexo 1 Fotografías

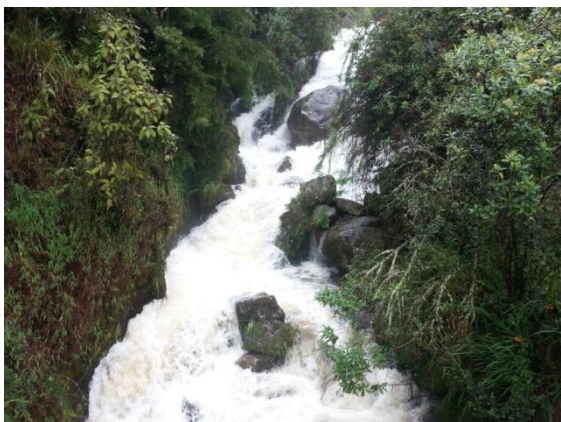


Foto 1 Vista aguas arriba



Foto 4 Salida Puente San Ramón



Foto 2 Vista aguas abajo



Foto 5 Entrada Puente San Ramón



Foto 3 Vista panorámica Puente San Ramón



Foto 6 Perfil Puente San Ramón



Foto 7 Excavación C1



Foto 8 Excavación C2



Foto 9 Armado de pasarela para las pruebas



Foto 10 Armado de pasarela para pruebas



Foto 11 Preparación de superficie para pruebas



Foto 12 Preparación de superficie para pruebas



Foto 13 Preparación de superficie para pruebas



Foto 16 Pruebas de esclerometría



Foto 14 Pruebas de esclerometría



Foto 17 Pruebas de esclerometría



Foto 15 Pruebas de esclerometría



Foto 18 Pruebas de adherencia pull of



Foto 19 Pruebas de adherencia pull of



Foto 22 Pruebas de adherencia pull of



Foto 20 Pruebas de adherencia pull of



Foto 23 Pruebas de adherencia pull of



Foto 21 Pruebas de adherencia pull of



Foto 24 Pruebas de adherencia pull of

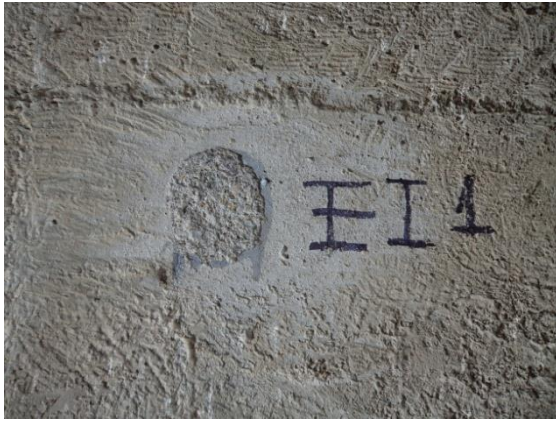


Foto 25 Pruebas de adherencia pull of



Foto 28 Detección de armaduras



Foto 26 Detección de armaduras



Foto 29 Detección de armaduras



Foto 27 Detección de armaduras



Foto 30 Potenciales de corrosión



Foto 31 Potenciales de corrosión



Foto 34 Extracción de núcleos



Foto 32 Potenciales de corrosión



Foto 35 Extracción de núcleos



Foto 33 Potenciales de corrosión



Foto 36 Extracción de núcleos



Foto 37 Extracción de núcleos



Foto 40 Compresión de núcleos



Foto 38 Extracción de núcleos

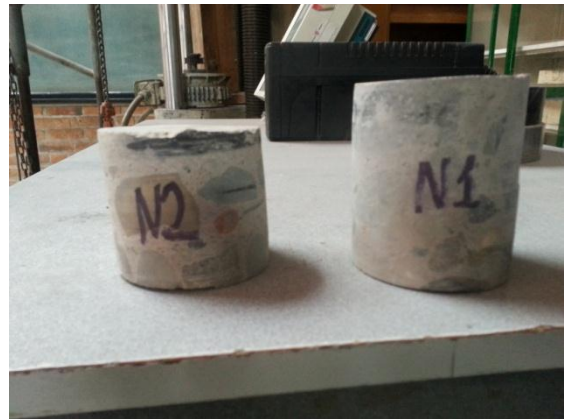


Foto 41 Compresión de núcleos



Foto 39 Preparación para compresión de núcleos



Foto 42 Compresión de núcleos



Foto 43 Compresión de núcleos

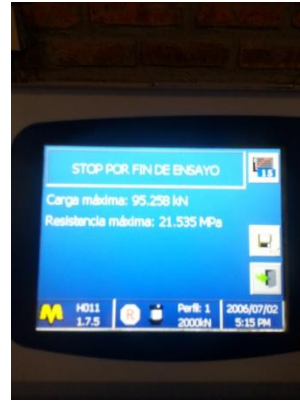


Foto 45 Compresión de núcleos




Foto 44 Compresión de núcleos



Foto 46 Compresión de núcleos



Anexo 2 Registro Velocidad Máxima de Circulación

| AMPLIACION Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RIO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| UNIVERSIDAD DE CUENCA | | |  | | |
| VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN | | | | | |
| Encuestador: | Berrezueta Juan Carlos, Moscoso Adrián | | | | |
| Hora Inicio: | 9:00 | | | | |
| Hora Final: | 10:00 | | | | |
| Estacion: | Vía a Dacte-Puente San Ramón | | | | |
| Sentido: | ESTE-OESTE | | | | |
| Distancia: | 100 m | | | | |

| Tiempo (s) | Tipo | Tiempo (s) | Tipo | Tiempo (s) | Tipo |
|------------|------|------------|------|------------|------|
| 18.93 | P | 19.50 | L | 15.84 | L |
| 13.93 | L | 12.46 | L | 14.88 | L |
| 19.03 | L | 27.33 | P | 15.59 | L |
| 22.36 | P | 12.63 | L | 13.83 | L |
| 12.22 | L | 31.59 | P | 17.12 | L |
| 32.43 | P | 14.45 | L | 13.00 | L |
| 16.37 | L | 23.30 | L | 23.84 | L |
| 12.42 | L | 16.14 | L | 23.39 | L |
| 21.74 | P | 25.12 | P | 14.18 | L |
| 18.15 | L | 17.11 | L | 11.45 | L |
| 13.13 | L | 15.12 | L | 17.11 | L |
| 19.08 | L | 12.41 | L | 14.08 | L |
| 15.93 | L | 13.63 | L | 15.81 | L |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



Anexo 3 Registro Conteo de Flujo Vehicular

| AMPLIACION Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RIO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY | | | | | |
|--|----------|--|----------|---------|--|
| UNIVERSIDAD DE CUENCA CONTEO DE FLUJO VEHICULAR | | | | | |
| CIUDAD | | Sigsig | | Domingo | |
| UBICACIÓN | | Via Dacte- Puente San Ramón | | FECHA: | |
| ENCUESTADORES: | | Berrezueta Juan Carlos, Moscoso Adrián | | | |
| HORA | INICIO: | FIN: | | | |
| HORA | LIVIANOS | BUSES | CAMIONES | | |
| | | | 2 EJES | 3 EJES | |
| 06:00 - 06:15 | 5 | | | | |
| 06:15 - 06:30 | 8 | | | | |
| 06:30 - 06:45 | 8 | | | | |
| 06:45 - 07:00 | 11 | | 1 | 1 | |
| 07:00 - 07:15 | 7 | 1 | 1 | | |
| 07:15 - 07:30 | 9 | | | | |
| 07:30 - 07:45 | 8 | 1 | 1 | | |
| 07:45 - 08:00 | 15 | | | | |
| 08:00 - 08:15 | 12 | | | | |
| 08:15 - 08:30 | 22 | | | | |
| 08:30 - 08:45 | 15 | | | | |
| 08:45 - 09:00 | 9 | | | | |
| 09:00 - 09:15 | 11 | | | | |
| 09:15 - 09:30 | 11 | | 1 | 1 | |
| 09:30 - 09:45 | 13 | | | | |
| 09:45 - 10:00 | 6 | | | | |
| 10:00 - 10:15 | 13 | | | | |
| 10:15 - 10:30 | 9 | | | | |
| 10:30 - 10:45 | 9 | | | | |



Anexo 4 FUNDAMENTOS DE LA INGENIERIA GEOTÉCNICA. Braja M. Das., 2001.
Factores de forma, profundidad e inclinación recomendados para usarse

| Factores de forma, profundidad y inclinación recomendados para usarse. | | |
|--|---|--|
| Factor | Relación | Fuente |
| Forma* | $F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c}$ $F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$ $F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$ <p>donde L= longitud de la cimentación (L>B)</p> | De Beer (1970) |
| Profundidad ⁺ | Condición (a): $D_f/B \leq 1$ $F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$ $F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$ $F_{\gamma d} = 1$ <p>Condición (b): $D_f/B > 1$$F_{cd} = 1 + (0.4) \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$$F_{\gamma d} = 1$</p> | Hansen (1970) |
| Inclinación | $F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ} \right)^2$ $F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi} \right)^2$ <p>donde β= inclinación de la carga sobre la cimentación con respecto a la vertical</p> | Meyerhof (1963); Hanna y Meyerhof (1981) |
| * Estos factores de forma son relaciones empíricas basadas en amplias pruebas de laboratorio | | |
| ⁺ El factor $\tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ está en radianes | | |



Anexo 5 ESTUDIOS Y DISEÑOS INTEGRALES PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE SÍGSIG, 2012. Cálculo de la Evapotranspiración Potencial y el Balance Hídrico por el Método de Hargreaves.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y BALANCE HIDRICO

Cálculo de la Evapotranspiración potencial y el Balance Hídrico por el Método de Hargreaves

ETp: Método de Hargreaves

$$ETp = 0.0023 Ra (Tmed + 17.8) (Tmax - Tmin)^{0.5}$$

ETp = evapotranspiración potencial de referencia en mm/día

Ra = Radiación solar (mm/día)

Tmed = Temperatura promedio del aire (°C)

Tmax = Temperatura promedio máxima (°C)

Tmin = Temperatura promedio mínima (°C)

AREA DE APOORTE CAPTACION ALCACAY

Area
Latitud

8.30 km²
3.00 ° S

Altura promedio =

3370 msnm

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Temperatura media (°C) | 8.71 | 8.78 | 9.21 | 8.80 | 8.61 | 8.03 | 7.21 | 7.63 | 8.04 | 8.58 | 8.92 | 8.78 | |
| Temperatura promedio máxima (°C) | 10.93 | 10.93 | 10.93 | 8.93 | 12.30 | 11.30 | 10.30 | 10.30 | 11.30 | 13.30 | 11.93 | 11.93 | |
| Temperatura promedio mínima (°C) | 6.78 | 6.78 | 5.78 | 5.78 | 4.78 | 7.15 | 2.78 | 3.78 | 3.78 | 4.78 | 4.78 | 5.78 | |
| Radiación solar (mm/día) | 15.15 | 15.60 | 15.70 | 15.20 | 14.25 | 13.70 | 13.90 | 14.65 | 15.25 | 15.45 | 15.20 | 14.95 | |
| Evapotranspiración potencial (mm) | 58.34 | 54.39 | 68.61 | 49.51 | 73.58 | 49.74 | 67.97 | 67.83 | 74.57 | 84.81 | 74.92 | 70.25 | |
| Factor por tipo de vegetación Kc | 0.60 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.60 | 0.50 | 0.40 | 0.40 | 0.60 | 0.60 | 0.50 | |
| Evapotranspiración de cultivo ETc | 35.01 | 38.07 | 48.03 | 34.66 | 51.51 | 29.84 | 33.99 | 27.13 | 29.83 | 50.88 | 44.95 | 35.13 | 459.03 |

Balance Hídrico

Reserva de capacidad de campo

80 mm

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|--|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| Evapotranspiración de Cultivo | 35.01 | 38.07 | 48.03 | 34.66 | 51.51 | 29.84 | 33.99 | 27.13 | 29.83 | 50.88 | 44.95 | 35.13 | 459.03 |
| Precipitaciones (Sigsig) | 45.20 | 68.10 | 79.30 | 89.60 | 67.60 | 69.10 | 74.40 | 56.00 | 51.90 | 60.00 | 49.10 | 49.70 | 760.00 |
| Variación de reserva de agua del suelo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| Reserva potencial esperada | 90.19 | 110.03 | 111.27 | 134.94 | 96.09 | 119.26 | 120.41 | 108.87 | 102.07 | 89.12 | 84.15 | 94.57 | |
| Reserva de agua del suelo | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | 80.00 | |
| Evapotranspiración efectiva | 35.01 | 38.07 | 48.03 | 34.66 | 51.51 | 29.84 | 33.99 | 27.13 | 29.83 | 50.88 | 44.95 | 35.13 | 459.03 |
| Déficit agrícola | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Excedente (water surplus) | 10.19 | 30.03 | 31.27 | 54.94 | 16.09 | 39.26 | 40.41 | 28.87 | 22.07 | 9.12 | 4.15 | 14.57 | 300.97 |
| Escoorrentía (runoff) | 11.55 | 20.79 | 26.03 | 40.49 | 28.29 | 33.70 | 37.06 | 32.96 | 27.52 | 18.32 | 11.23 | 12.90 | 300.83 |
| Diferencia Precip.-evapot. pot. | 10.19 | 30.03 | 31.27 | 54.94 | 16.09 | 39.26 | 40.41 | 28.87 | 22.07 | 9.12 | 4.15 | 14.57 | |
| Coefficiente mensual de humedad | 0.29 | 0.79 | 0.65 | 1.59 | 0.31 | 1.32 | 1.19 | 1.06 | 0.74 | 0.18 | 0.09 | 0.41 | |
| Caudal estimado (lt/seg) | 35.79 | 71.32 | 80.66 | 129.64 | 87.67 | 107.91 | 114.83 | 102.14 | 88.11 | 56.76 | 35.97 | 39.98 | 79.18 |



Anexo 6 MECÁNICA DE SUELOS TOMO 3 FLUJO DE AGUA EN SUELOS. BADILLO, J., RODRIGUEZ, R., 2004. Valores del coeficiente β

| VALORES DEL COEFICIENTE β | | |
|--|---|---------------------|
| Probabilidad anual (%) de que se presente el gasto de diseño | Periodo de retorno del gasto de diseño (años) | Coeficiente β |
| 100 | 1 | 0.77 |
| 50 | 2 | 0.82 |
| 20 | 5 | 0.86 |
| 10 | 10 | 0.90 |
| 5 | 20 | 0.94 |
| 2 | 50 | 0.97 |
| 1 | 100 | 1.00 |
| 0.3 | 333 | 1.03 |
| 0.2 | 500 | 1.05 |
| 0.1 | 1000 | 1.07 |

Anexo 7 MECÁNICA DE SUELOS TOMO 3 FLUJO DE AGUA EN SUELOS. BADILLO, J., RODRIGUEZ, R., 2004. Coeficiente de contracción μ

| COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN, μ | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Velocidad media en la sección (m/s) | Longitud libre entre dos estribos (m) | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 13 | 16 | 18 | 21 | 25 | 30 | 42 | 52 | 63 | 106 | 124 | 200 |
| Menor de 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.00 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 1.50 | 0.94 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 2.00 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 2.50 | 0.90 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 |
| 3.00 | 0.89 | 0.91 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 3.50 | 0.87 | 0.90 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 4.00 o mayor | 0.85 | 0.89 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |



Anexo 8 MECÁNICA DE SUELOS TOMO 3 FLUJO DE AGUA EN SUELOS. BADILLO, J., RODRIGUEZ, R., 2004. Valores de x y $1/1+x$ para suelos cohesivos y no cohesivos

| VALORES DE x Y $1/1+x$ PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS | | | | | | | | | | | |
|---|------|---------|-------------------------|------|---------|---------------------|------|---------|---------|------|---------|
| SUELOS COHESIVOS | | | | | | SUELOS NO COHESIVOS | | | | | |
| gd (Tn/m ³) | x | $1/1+x$ | gd (Tn/m ³) | x | $1/1+x$ | dm (mm) | x | $1/1+x$ | dm (mm) | x | $1/1+x$ |
| 0.80 | 0.52 | 0.66 | 1.20 | 0.39 | 0.72 | 0.05 | 0.43 | 0.70 | 40.00 | 0.30 | 0.77 |
| 0.83 | 0.51 | 0.66 | 1.20 | 0.38 | 0.72 | 0.15 | 0.42 | 0.70 | 60.00 | 0.29 | 0.78 |
| 0.86 | 0.50 | 0.67 | 1.28 | 0.37 | 0.73 | 0.50 | 0.41 | 0.71 | 90.00 | 0.28 | 0.78 |
| 0.88 | 0.49 | 0.67 | 1.34 | 0.36 | 0.74 | 1.00 | 0.40 | 0.71 | 140.00 | 0.27 | 0.79 |
| 0.90 | 0.48 | 0.68 | 1.40 | 0.35 | 0.74 | 1.50 | 0.39 | 0.72 | 190.00 | 0.26 | 0.79 |
| 0.93 | 0.47 | 0.68 | 1.46 | 0.34 | 0.75 | 2.50 | 0.38 | 0.72 | 250.00 | 0.25 | 0.80 |
| 0.96 | 0.46 | 0.68 | 1.52 | 0.33 | 0.75 | 4.00 | 0.37 | 0.73 | 310.00 | 0.24 | 0.81 |
| 0.98 | 0.45 | 0.69 | 1.58 | 0.32 | 0.76 | 6.00 | 0.36 | 0.74 | 370.00 | 0.23 | 0.81 |
| 1.00 | 0.44 | 0.69 | 1.64 | 0.31 | 0.76 | 8.00 | 0.35 | 0.74 | 450.00 | 0.22 | 0.82 |
| 1.04 | 0.43 | 0.70 | 1.71 | 0.30 | 0.77 | 10.00 | 0.34 | 0.75 | 570.00 | 0.21 | 0.83 |
| 1.08 | 0.42 | 0.70 | 1.80 | 0.29 | 0.78 | 15.00 | 0.33 | 0.75 | 750.00 | 0.20 | 0.83 |
| 1.12 | 0.41 | 0.71 | 1.89 | 0.28 | 0.78 | 20.00 | 0.32 | 0.76 | 1000.00 | 0.19 | 0.84 |
| 1.16 | 0.40 | 0.71 | 2.00 | 0.27 | 0.79 | 25.00 | 0.31 | 0.76 | | | |

Anexo 9 Factores de forma en función del ángulo Φ

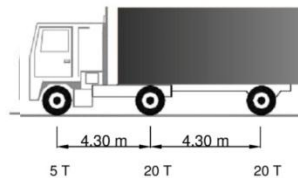
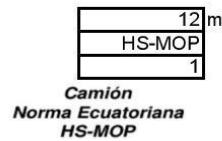
| MEYERHOFF | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|------|----------------|--------|-------|-------|----------------|--------|-------|-------|----------------|
| Φ | Nc | Nq | N _y | Φ | Nc | Nq | N _y | Φ | Nc | Nq | N _y |
| 0 | 5.14 | 1 | 0 | 17 | 12.34 | 4.77 | 3.53 | 34 | 42.16 | 29.44 | 41.06 |
| 1 | 5.38 | 1.09 | 0.07 | 18 | 13.1 | 5.26 | 4.07 | 35 | 46.12 | 33.3 | 48.03 |
| 2 | 5.63 | 1.2 | 0.15 | 19 | 13.93 | 5.8 | 4.68 | 36 | 50.59 | 37.75 | 56.31 |
| 3 | 5.9 | 1.31 | 0.24 | 20 | 14.83 | 6.4 | 5.39 | 37 | 55.63 | 42.92 | 66.19 |
| 4 | 6.19 | 1.43 | 0.34 | 21 | 15.82 | 7.07 | 6.2 | 38 | 61.35 | 48.93 | 78.03 |
| 5 | 6.49 | 1.57 | 0.45 | 22 | 16.88 | 7.82 | 7.13 | 39 | 67.87 | 55.96 | 92.25 |
| 6 | 6.81 | 1.72 | 0.57 | 23 | 18.05 | 8.66 | 8.2 | 40 | 75.31 | 64.2 | 109.4 |
| 7 | 7.16 | 1.88 | 0.71 | 24 | 19.32 | 9.6 | 9.44 | 41 | 83.86 | 73.9 | 130.2 |
| 8 | 7.53 | 2.06 | 0.86 | 25 | 20.72 | 10.66 | 10.88 | 42 | 93.71 | 85.38 | 155.6 |
| 9 | 7.92 | 2.25 | 1.03 | 26 | 22.25 | 11.85 | 12.54 | 43 | 105.1 | 99.02 | 186.5 |
| 10 | 8.35 | 2.47 | 1.22 | 27 | 23.94 | 13.2 | 14.47 | 44 | 118.4 | 115.3 | 224.6 |
| 11 | 8.8 | 2.71 | 1.44 | 28 | 25.8 | 14.72 | 16.72 | 45 | 133.9 | 134.9 | 271.8 |
| 12 | 9.28 | 2.97 | 1.69 | 29 | 27.86 | 16.44 | 19.34 | 46 | 152.1 | 158.5 | 330.4 |
| 13 | 9.81 | 3.26 | 1.97 | 30 | 30.14 | 18.4 | 22.4 | 47 | 173.6 | 178.2 | 403.7 |
| 14 | 10.37 | 3.59 | 2.29 | 31 | 32.67 | 20.63 | 25.99 | 48 | 199.3 | 222.3 | 496 |
| 15 | 10.98 | 3.94 | 2.65 | 32 | 35.49 | 23.18 | 30.22 | 49 | 229.9 | 265.5 | 613.2 |
| 16 | 11.63 | 4.34 | 3.06 | 33 | 38.64 | 26.09 | 35.19 | 50 | 266.9 | 319.1 | 762.9 |

Anexo 10 Hoja de cálculo para Momento por carga viva.

ANÁLISIS DE MOMENTOS POR CARGA VIVA PARA UN PUENTE LOSA.

SE CONSIDERA:

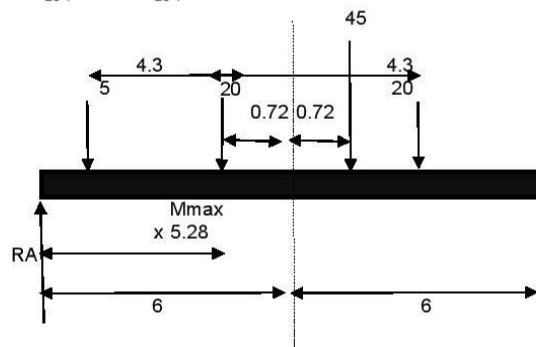
LUZ DEL PUENTE:
SOBRECARGA VEHICULAR
NUMERO DE VÍAS



CAMIÓN DE DISEÑO.

POSICIÓN I:

Separación Ejes I-II 4.30 m
Separación Ejes II-III 4.30 m
Resultante (R)= 45.00 T
Pto. de aplicación de R= 2.87 m
Dist. Entre Eje II-R= 1.43 m
Ubicación Eje II (x)= 5.28 m
Reacción A (RA)= 19.81 T
Reacción B (RB)= 25.19 T

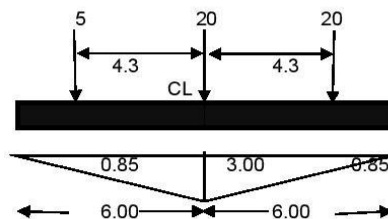


$$M_{camionI} = 83.18 \text{ T-m}$$

POSICIÓN II:

Ubicando el Eje II en el centro de la luz.

$$M_{camionII} = 81.25 \text{ T-m}$$

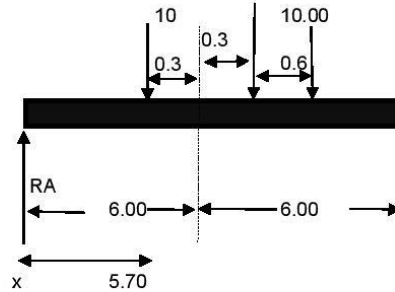
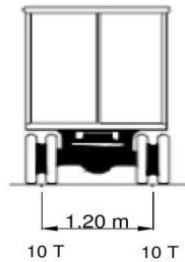


| |
|--------------------------------------|
| Mcamión (crítico) = 83.18 T-m |
|--------------------------------------|

TÁNDEM.

POSICIÓN I:

Resultante (R)= 20.00 T
 Separación Ejes= 1.2 m
 Reacción A (RA)= 9.50 T
 Ubicación Eje (x)= 5.70 m
 Reacción B (RB)= 10.50 T

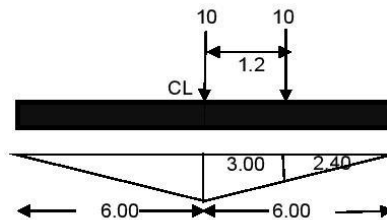


$$MT_{\text{tándem I}} = 54.15 \text{ T-m}$$

POSICIÓN II:

Ubicando el Eje en el centro de la luz.

$$MT_{\text{tándem II}} = 54.00 \text{ T-m}$$



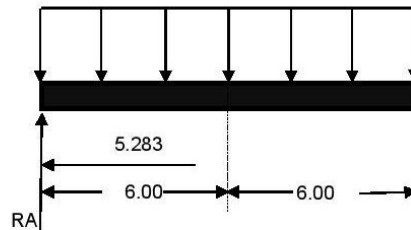
$$MT_{\text{tándem (crítico)}} = 54.15 \text{ T-m}$$

CARGA EQUIVALENTE.

Posición I:

Ubicac. Carga (x)= 5.28 m
 Reacción A (RA)= 7.20 T

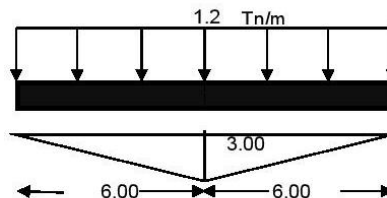
$$M_{\text{eq I}} = 21.29 \text{ T-m}$$



Posición II:

Ubicando la carga en centro de la luz

$$M_{\text{eq II}} = 21.60 \text{ T-m}$$



$$M_{\text{eq (crítico)}} = 21.29 \text{ Tn-m}$$

La posición crítica es la misma que genera el momento crítico para el Camión de Diseño.

Finalmente el momento crítico por carga viva resulta de elegir el mayor momento entre las posiciones I y II tanto para camión de diseño y tándem, este valor debe ser afectado por el factor de Impacto (33%) y además se suma $M_{\text{eq (crítico)}}$, dando como resultado:

$$M_{\text{max}} = 131.92 \text{ T-m}$$



Anexo 11 Hoja de cálculo para diseño de losa.

DISEÑO DE LOSA.

SE CONSIDERA:

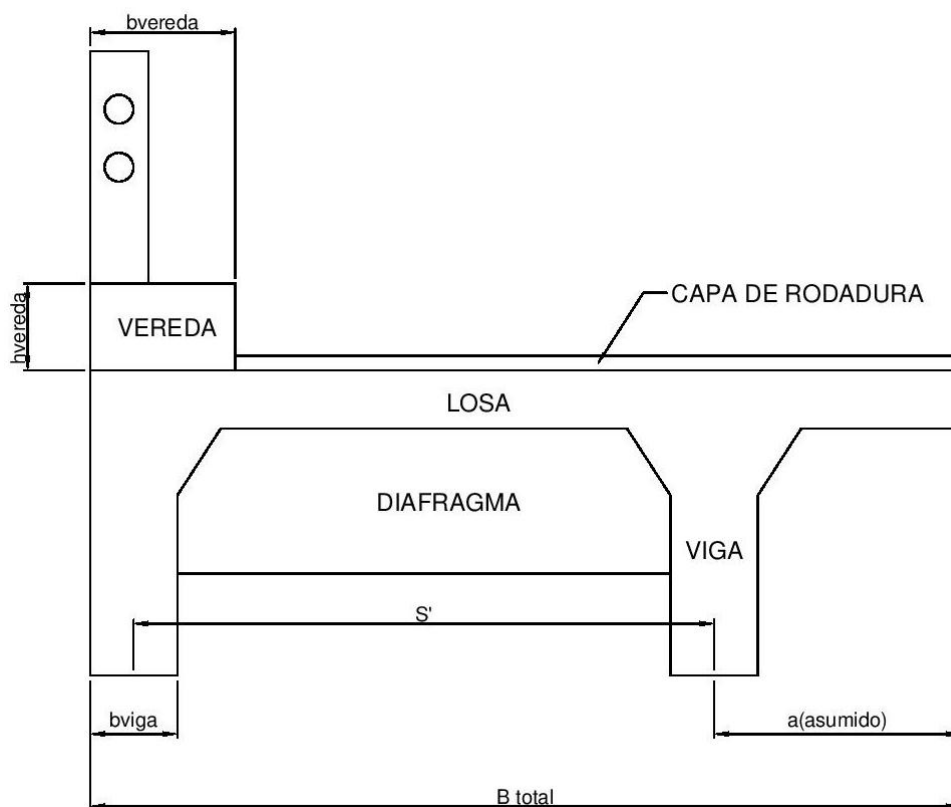
LUZ DEL PUENTE:
SOBRECARGA VEHICULAR
NUMERO DE VÍAS

| | |
|--------|---|
| 12.00 | m |
| HS-MOP | |
| 1 | |

MATERIALES:

RESISTENCIA DEL CONCRETO (f'_c)=
FLUENCIA DEL ACERO (f'_y)=
CAPA RODADURA=
DENSIDAD DEL CONCRETO=
DENSIDAD CAPA RODADURA=
BOMBEO=
Ancho Total (B_{total})=
Separación entre vigas (S')=
Voladizo (a)=
 a (Asumido)=
Ancho viga (b)=
Separación libre-vigas (S)=
 h_{vereda} =
 b_{vereda} =
Área vereda=

| | |
|---------|---------------------|
| 280.00 | Kg./cm ² |
| 4200.00 | Kg./cm ² |
| 0.05 | m |
| 2400.00 | Kg./m ³ |
| 2400.00 | Kg./m ³ |
| 1% | |
| 3.00 | m |
| 2.00 | m |
| 0.80 | m |
| 0.85 | m |
| 0.30 | m |
| 1.70 | m |
| 0.30 | m |
| 0.50 | m |
| 0.15 | m ² |



1. DISEÑO DE LA LOSA

A) Pre-dimensionamiento de losa

| | |
|-------------------------|---------------|
| Ancho de la viga | |
| $b=0.0157*(S'^{0.5})*L$ | |
| b | 0.27 m |
| b (asumido)= | 0.30 m |

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| Espesor de la losa | |
| Según Art. 9.7.1.1 AASHTO 2004: | |
| tmin | 0.18 m |
| Según Art. 2.5.2.6.1-1 AASHTO 2004: | |
| $tmin=1.2(S+3000)/30$ | |
| tmin | 188.00 mm |
| t (asumido)= | 0.20 m |

B) Criterios LRFD aplicables

| CARGA | Y | | |
|-------|---------------|------|------------|
| | Resistencia I | | Servicio I |
| DC | 1.25 | 0.9 | 1 |
| DW | 1.5 | 0.65 | 1 |
| LL+HM | 1.75 | | 1 |

C) Momentos de flexion por cargas

c1. Momento Negativo de Diseño

i. Carga Muerta

| | |
|---------------|--------------------|
| Wlosa= | 480.00 kg/m |
|---------------|--------------------|

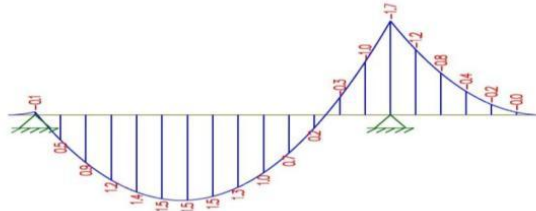


DIAGRAMA DE MOMENTOS EN LOSA POR PESO PROPIO

| | | | |
|-------------------|-------------|-------|-----|
| MDC(B)(2.15m)= | -1.70 kN-m= | -0.17 | T-m |
| MDC(B-izq)(2m)= | -0.95 kN-m= | -0.10 | T-m |
| MDC(B-der)(2.3m)= | -1.12 kN-m= | -0.11 | T-m |

Resultados de Momentos en el apoyo B, por carga de losa.

Wvereda= 360.00 kg

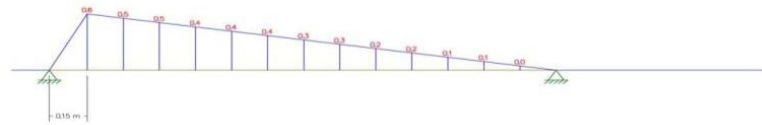


DIAGRAMA DE MOMENTOS EN LOSA POR CARGA VEREDA

| | | | |
|-------------------|------------|------|-----|
| MDC(B1)(2.15m)= | 0.00 kN-m= | 0.00 | T.m |
| MDC(B1-izq)(2m)= | 0.00 kN-m= | 0.00 | T.m |
| MDC(B1-der)(2.3)= | 0.00 kN-m= | 0.00 | T.m |

Resultados de Momentos en el apoyo B, por carga de vereda.

ii. Cargas por superficie de rodadura

Wasf= 120.00 kg/m

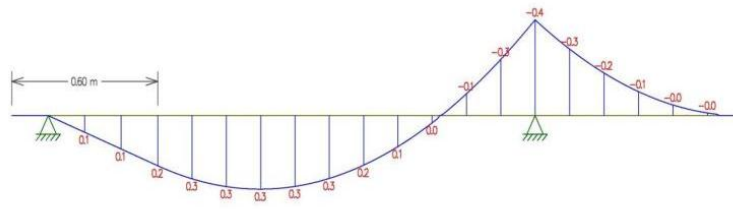


DIAGRAMA DE MOMENTOS EN LOSA POR CARGA DE SUPERFICIE DE RODADURA

| | | | |
|--------------------|-------------|-------|-----|
| MDC(B2)(2.15m)= | -0.40 kN-m= | -0.04 | T.m |
| MDC(B2-izq)(2m)= | -0.24 kN-m= | -0.02 | T.m |
| MDC(B2-der)(2.3m)= | -0.30 kN-m= | -0.03 | T.m |

Resultados de momentos en el apoyo B, por carga de superficie de rodadura.

iii. Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM)

a) Método A: PROCESO ANALÍTICO.



LÍNEA DE INFLUENCIA DE MOMENTO FLECTOR EN APOYO B

| | |
|---------------------|---|
| Se debe considerar: | Factor de presencia múltiple (Art. 3.6.1.2) |
| | m= 1.20 |

En la línea de influencia se coloca el camión HS-MOP, con el primer eje ubicado a una distancia de 0.60 m desde la cara externa de la vereda y el otro eje a 1.80 m de este. De esta manera obtenemos las ordenadas de la línea de influencia con las que encontramos el momento negativo crítico en B.

| | | |
|------------|-------|---|
| y1(1.1m)= | 0.00 | m |
| y2(2.90m)= | -0.75 | m |

Ordenadas correspondientes a la ubicación de los ejes del camión HS-MOP.

| | | |
|-------|-------|-----|
| M(-)= | -8.95 | T.m |
|-------|-------|-----|

La especificación AASTHO 2004, Tabla 4.6.2.1.3-1 define un ancho de franja para un carril cargado.

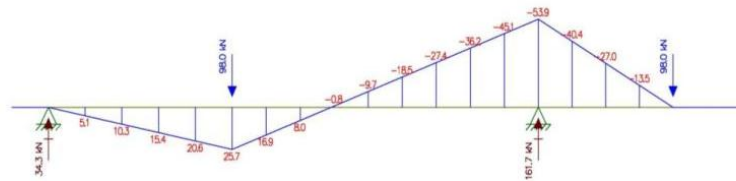
| | | |
|-----------------|---------|----|
| E(-)=1220+0.25S | | |
| E(-)= | 1220.00 | mm |
| E(-)= | 1.22 | m |

El momento negativo crítico se reparte para este ancho de franja.

| | | |
|-------------------|--------------|------------|
| MB(-)(LL)= | -9.76 | T.m |
|-------------------|--------------|------------|

Momento Negativo Crítico para carga viva respecto al apoyo B.

Concluimos que la posición adoptada para el camión de diseño es la que genera el máximo momento negativo en B, a partir de lo cual se calcula:



RESUMEN DE MOMENTOS NEGATIVOS POR CARGAS EN B

| Carga | Tipo | M(-) izq T-m | M(-) eje T-m | M(-) der T-m |
|---------------|-------|--------------|--------------|--------------|
| Losa | DC1 | -0.10 | -0.17 | -0.11 |
| Barrera | DC2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Capa Rodadura | DW | -0.02 | -0.04 | -0.03 |
| Carga Viva | LL+IM | -8.16 | -9.81 | -7.85 |

| | |
|--|-------------|
| Factor de Ductibilidad (nD) = | 0.95 |
| Factor de Redundancia (NR) = | 1.05 |
| Sector de Importancia Operática (nI) = | 1.05 |
| $n = nD * nR * nI$ | |
| n = | 1.05 |

| | Eje (T-m) | Izq (T-m) | Der (T-m) |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| Mu= | -18.28 | -15.13 | -14.59 |

| | | |
|----------------|---------------|------------|
| Mu (-)= | -15.13 | T-m |
|----------------|---------------|------------|

Momento Negativo último de Diseño

c2. Momento Positivo de Diseño

Distancia que genera el máx momento positivo:

$$0.4L = 0.80 \text{ m}$$

i. Carga Muerta

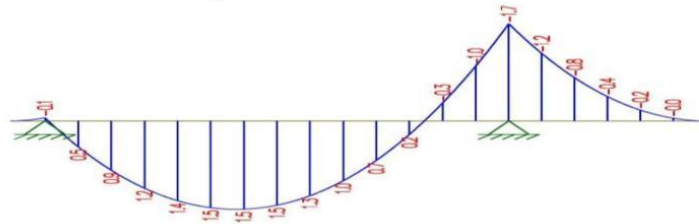


DIAGRAMA DE MOMENTOS EN LOSA POR PESO PROPIO

Momento Peso Propio Losa

| | | |
|--------------|------|------|
| MDC1(0.95m)= | 1.50 | kN-m |
| MDC1(0.95m)= | 0.15 | T-m |



DIAGRAMA DE MOMENTOS EN LOSA POR CARGA VEREDA

Momento Peso Propio Vereda

| | | |
|-------------|------|------|
| MDC2(0.95m) | 0.20 | kN-m |
| MDC2(0.95m) | 0.02 | T-m |

ii. Carga por superficie de rodadura (DW):

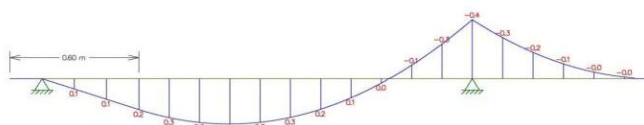
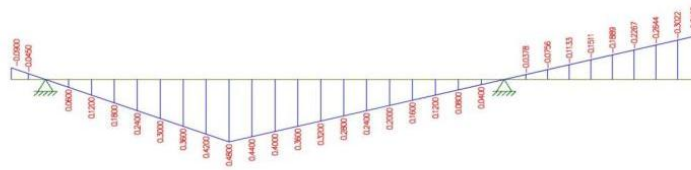


DIAGRAMA DE MOMENTOS EN LOSA POR CARGA DE SUPERFICIE DE RODADURA

| | | |
|-------------|------|------|
| MDW(0.95m)= | 0.36 | kN-m |
| MDW(0.95m)= | 0.04 | T-m |

iii. Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM):
a) Método A: PROCESO ANALÍTICO.



LÍNEA DE INFLUENCIA DE MOMENTO FLECTOR EN EL PUNTO C.

Considerando el factor de presencia múltiple "m", y con el camión de diseño HS-MOP ubicado en la distancia crítica (0.8 m), y así obtenemos las ordenadas de la línea de influencia para encontrar el momento negativo crítico.

| | | |
|------------|-------|---|
| y1(0.95m)= | 0.39 | m |
| y2(2.75m)= | -0.19 | m |

Ordenadas correspondientes a la ubicación de los ejes del camión HS-MOP.

| | | |
|-------|------|-----|
| M(+)= | 2.35 | T-m |
|-------|------|-----|

Ancho de faja Tabla 4.6.2.1.3-1, para momentos positivos.

| | | |
|----------------|--------|----|
| E(+)=660+0.55S | | |
| E(+)= | 660.00 | mm |
| E(+)= | 0.66 | m |

| | | |
|--------------|------|-----|
| MB(+)(LL+IM) | 4.74 | T-m |
|--------------|------|-----|

b) Método de Momentos Corregidos

Basado en Art. 4.6.2.1.6

ML=MOL-PBp/8

ML= Momento negativo de diseño ajustado para carga viva

MOL= Momento negativo en el apoyo usando cargas de rueda concentradas

P= carga de rueda concentrada en el punto de interés (10T)

Bp= longitud de base de la carga de rueda extendida (0.51 m + peralte de la losa)

| | |
|------|----------|
| MOL= | 3.90 T-m |
| P= | 10.00 T |
| Bp= | 0.71 m |
| ML= | 3.01 T-m |

| | | |
|--------------|------|-----|
| M(+)= | 1.29 | T-m |
| M(+)(LL+IM)= | 2.59 | T-m |

Comparación entre Método A y B.

| Resultados | M(LL+IM) |
|------------|----------|
| Método A | 4.74 T-m |
| Método B | 2.59 T-m |



RESUMEN DE MOMENTOS POSITIVOS POR CARGAS A 0.4L

| Tipo | M(+) T-m | γ (Resistencia) |
|-------|----------|------------------------|
| DC1 | 0.15 | 1.25 |
| DC2 | 0.02 | 0.9 |
| DW | 0.04 | 1.5 |
| LL+IM | 4.74 | 1.75 |

| | |
|--|-------------|
| Factor de Ductibilidad (nD) = | 0.95 |
| Factor de Redundancia (NR) = | 1.05 |
| Sector de Importancia Operática (nI) = | 1.05 |
| $n = nD * nR * nI$ | |
| n = | 1.05 |

| Eje (T-m) |
|-----------------|
| Mu= 8.96 |

| | | |
|----------------|-------------|------------|
| Mu (+)= | 8.96 | T-m |
|----------------|-------------|------------|

Momento Positivo último de Diseño

D) Cálculo del Acero

d.1) Acero Negativo (perpendicular al tráfico)

| | | |
|--------------|--------------|------------|
| Mu(-) | 15.13 | T-m |
|--------------|--------------|------------|

| Diámetro | | Perímetro | Área |
|----------|------|-----------|------|
| mm. | cm. | cm. | cm2 |
| 8 | 0.80 | 2.51 | 0.50 |
| 10 | 1.00 | 3.14 | 0.79 |
| 12 | 1.20 | 3.77 | 1.13 |
| 14 | 1.40 | 4.40 | 1.54 |
| 16 | 1.60 | 5.03 | 2.01 |
| 18 | 1.80 | 5.65 | 2.54 |
| 20 | 2.00 | 6.28 | 3.14 |
| 22 | 2.20 | 6.91 | 3.80 |
| 25 | 2.50 | 7.85 | 4.91 |
| 28 | 2.80 | 8.80 | 6.16 |
| 32 | 3.20 | 10.05 | 8.04 |

| | | |
|-------------------|----------------|---------------------|
| Recubrimiento: | 5.00 cm | |
| Diámetro a usar = | 22.00 mm | Área (cm²)= 3.80 |
| z= | 6.10 cm | Diámetro (cm)= 2.20 |
| d= | 13.90 cm | |
| As(-)(calculado)= | 37.91 cm² | |
| a= | 6.69 cm | |
| As(-)(calculado)= | 37.91 cm² | |
| s= | 0.10 m | |
| S asumido= | 10.00 cm | As imp>As calc |
| As (Impuesto) = | 38.01 cm² | OK |
| USAR: Ø | 22 mm @ | 10 cm. |



| Según Art. 5.7.3.3.1 | | Según Art. 5.7.3.3.2 | |
|----------------------|------------------|----------------------|--------------------------|
| As máximo | | As mínimo | |
| (c/de<=0.42) | No Cumple | OK | (Mu>Menor Valor) |
| a= | 6.69 cm | a) fr= | 33.63 kg/cm ² |
| β1= | 0.85 | S= | 6667 cm ³ |
| c= | 7.87 cm | Mcr= | 2.69 T-m |
| de= | 13.90 cm | | |
| c/de= | 0.57 | b) 1.33*Mu= | 20.12 T-m |
| | | Menor Valor= | 2.69 T-m |
| | | Mu= | 15.13 T-m |

d.2) Acero Positivo (perpendicular al tráfico)

| | | |
|-------|------|-----|
| Mu(+) | 8.96 | T-m |
|-------|------|-----|

| | | |
|-------------------|-----------------------|------------------|
| Recubrimiento: | 2.50 cm | |
| Diámetro a usar = | 20.00 cm | Área(cm2) = 3.14 |
| z= | 3.50 cm | Diámetro(cm)= 2 |
| d= | 16.50 cm | |
| As(+)(calculado)= | 15.69 cm ² | |
| a= | 2.77 cm | 0.00 |
| As(+)(calculado)= | 15.69 cm ² | |
| s= | 0.20 m | |
| S asumido= | 20.00 cm | As imp>As calc |
| As (Impuesto) = | 15.71 cm ² | OK |
| USAR: Ø | 20 | mm @ 20 cm. |

| Según Art. 5.7.3.3.1 | | Según Art. 5.7.3.3.2 | |
|----------------------|-----------|----------------------|--------------------------|
| As máximo | | As mínimo | |
| (c/de<=0.42) | OK | OK | (Mu>Menor Valor) |
| a= | 2.77 | a) fr= | 33.63 kg/cm ² |
| β1= | 0.85 | S= | 6667 cm ³ |
| c= | 3.26 | Mcr= | 2.69 T-m |
| de= | 16.50 | | |
| c/de= | 0.20 | b) 1.33*Mu= | 11.92 T-m |
| | | Menor Valor= | 2.69 T-m |
| | | Mu= | 8.96 T-m |

d.3) As de temperatura

| | | |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|
| As temp=0.756Ag/fy= | 3.6 cm ² | |
| En dos capas se colocara | | 1.8 cm ² /capa |
| Diámetro a usar = | 12 mm | Área = 1.13 cm ² |
| | | Diámetro= 1.20 cm |
| S | 0.63 m | 0.45 |
| Smax=3t | 0.60 m | Art. 5.10.8 |
| Smax= | 0.45 m | Art. 5.10.8 |
| S asumido= | 30.00 cm | As imp>As temp |
| As (Impuesto) = | 3.77 cm ² | OK |
| USAR: Ø | 12 | mm @ 30.00 cm. |

d.4) As de distribución

| | | | |
|---------------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------|
| %Asr = $3840 / S^{0.5} =$ | 93.13 % de As | < | 67 |
| % asumido | 67 | | |
| Diámetro a usar = | Asr = 25.40 cm ² | Área = | 3.80 cm ² |
| Espaciamento (S) = | 22 mm | | |
| S asumido = | 0.15 m | Asp (Impuesto) = | 25.34 cm ² |
| | 15 cm | | |
| USAR: Ø 22 mm @ 15 cm. | | | |

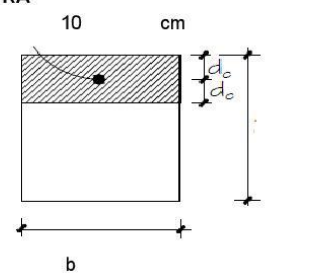
E. REVISIÓN DE FISURACIÓN POR DISTRIBUCIÓN DE ARMADURA

e.1 Acero Negativo

Esfuerzo Máximo del Acero

$$f_{sa} = z / (d_c A)^{1/3} \leq 0.6 f_y$$

| | |
|------------------|------------------------|
| dc= | 6.1 cm |
| b= | 10 cm |
| nv= | 1 |
| A(Art. 5.6.3.4)= | 122.00 cm ² |
| z= | 30000 N/mm |
| z= | 30591 kg/cm |



$$f_{sa} = 3375.70 \text{ kg/cm}^2 \leq 2520 \text{ kg/cm}^2$$

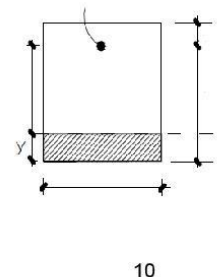
Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio

$$f_s = (M_s \cdot c / I) \cdot n$$

| | |
|------|----------------------------|
| Ms= | -6.44 T-m/m |
| b= | 10 cm |
| Ms= | -0.64 T-m |
| Es= | 2039400 kg/cm ² |
| Ec= | 256754 kg/cm ² |
| n= | 7 |
| Ast= | 26.6 cm ² |

$$c = 13.73 - y$$

$$Ast = 26.6$$



Momentos respecto al eje neutro para determinar y

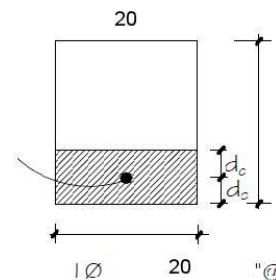
| | | | |
|----------------------------|----------------|-----|-------------------------|
| 5 | y ² | y1= | 6.34 |
| 26.6 | y | y2= | -11.66 |
| -369.87 | # | y= | 6.34 cm |
| | | c= | 7.56 cm |
| | | I= | 2370.3 cm ⁴ |
| fs | | <= | fsa |
| 1436.98 kg/cm ² | | <= | 2520 kg/cm ² |
| | | OK | |
| fs= | 1436.98 | | |

e.1 Acero Positivo

Esfuerzo Máximo del Acero

$$f_{sa} = z / (d_c A)^{1/3} \leq 0.6 f_y$$

| | |
|-----|------------------------|
| dc= | 3.5 cm |
| b= | 20 cm |
| nv= | 1 |
| A= | 140.00 cm ² |
| z= | 30000 N/mm |
| Z= | 30591 kg/cm |

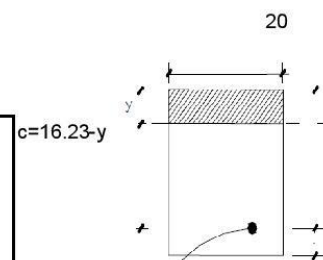


| | | | |
|-----------------|----------------------------|------|-------------------------|
| f _{sa} | 3880.27 kg/cm ² | <= | 2520 kg/cm ² |
| | f _{sa} = | 2520 | kg/cm ² |

Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio

$$f_s = (M_s \cdot c / I) \cdot n$$

| | |
|-------------------|----------------------------|
| M _s = | 5.18 T.m/m |
| b= | 20 cm |
| M _s = | 1.04 T.m |
| E _s = | 2039400 kg/cm ² |
| E _c = | 256754 kg/cm ² |
| n= | 7 |
| A _{st} = | 22.0 cm ² |



Momentos respecto al eje neutro para determinar y

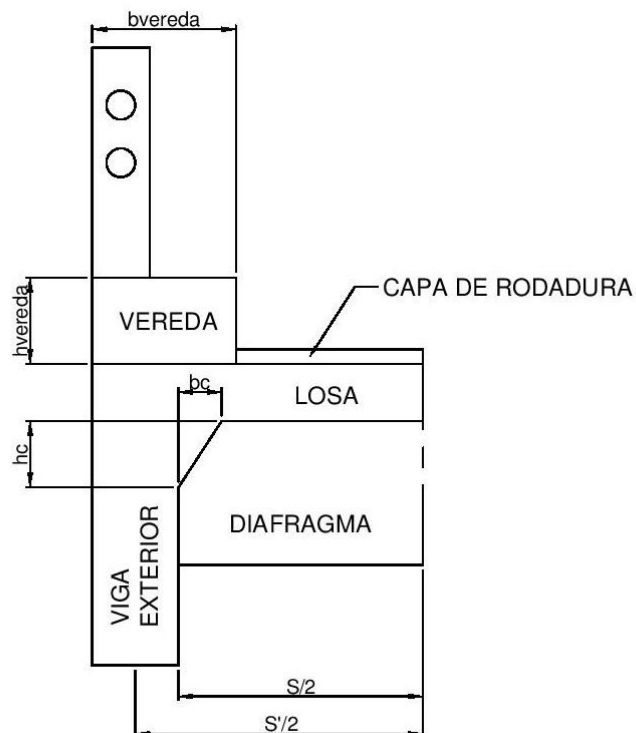
| | | | |
|----------------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| 10 | y ² | y1= | 5.02 |
| 22.0 | y | y2= | -7.22 |
| -362.85 | # | y= | 5.02 cm |
| | | c= | 11.48 cm |
| | | I= | 3741.6 cm ⁴ |
| f _s | <= | f _{sa} | |
| 2226.11 kg/cm ² | <= | 2520 | kg/cm ² |
| | OK | | |
| f _s | 2226.11 | | |

Anexo 12 Hoja de cálculo para diseño de viga exterior.

DISEÑO DE VIGA EXTERIOR.

SE CONSIDERA:

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| SOBRECARGA VEHICULAR | HS-MOP |
| NUMERO DE VÍAS | 1 |
| LUZ= | 12 m |
| t= | 0.20 m |
| CAPA RODADURA= | 0.05 m |
| Ancho viga (b)= | 0.30 m |
| Alto viga (h)= | 0.85 m |
| Separación entre vigas (S')= | 2.00 m |
| Voladizo (a)= | 0.80 m |
| a (asumido)= | 0.85 m |
| h _{diafrag} = | 0.70 m |
| b _{diafrag} = | 0.25 m |
| h _{cartela} = | 0.23 m |
| b _{cartela} = | 0.15 m |
| b _{vereda} = | 0.50 m |
| h _{vereda} = | 0.30 m |
| RESISTENCIA CONCRETO (f'c)= | 280.00 kg/cm ² |
| FLUENCIA DEL ACERO (f'y)= | 4200.00 kg/cm ² |
| DENSIDAD DEL CONCRETO= | 2400.00 kg/m ³ |
| DENSIDAD CAPA RODADURA= | 2400.00 kg/m ³ |
| BOMBEO= | 0.01 % |



A) Momentos de flexión por cargas

Carga Muerta (DC)

Cargas Distribuidas

| | |
|-------------|---------------------|
| Wlosa= | 552.00 kg/m |
| Wviga= | 612.00 kg/m |
| Wcartelas= | 41.40 kg/m |
| Wvereda= | 360.00 kg/m |
| WDC= | 1565.40 kg/m |

$$MDC1 = WDC \cdot L^2 / 8$$

$$MDC1 = 28.18 \text{ T-m}$$

Cargas Puntuales

Se toman vigas diafragmas en los apoyos y en el centro de la luz

$$P_{\text{diafrag}} = h_{\text{diafrag}} \cdot b_{\text{diafrag}} \cdot l_{\text{diafrag}} \cdot \text{dens.concreto}$$

$$P_{\text{diafrag}} = 357 \text{ kg}$$

$$MDC2 = P_{\text{diafrag}} \cdot L / 4$$

$$MDC2 = 1.07 \text{ T-m}$$

$$MDC = MDC1 + MDC2$$

$$MDC = 29.25 \text{ T-m}$$

Carga por superficie de rodadura (DW)

$$W_{\text{asf}} = 78 \text{ kg/m}$$

$$MDW = W_{\text{asf}} \cdot L^2 / 8$$

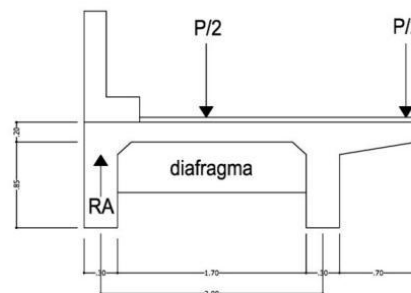
$$MDW = 1.40 \text{ T-m}$$

Carga Viva (LL)

Hay que tomar del analisis del "Puente Losa"

$$MLL + IM = 131.92 \text{ T-m}$$

a) Ley de momentos caso de un carril cargado



| | |
|-----------|---------|
| RA= | 0.075 P |
| Usando m= | 1.2 |
| g= | 0.09 |

b) Caso puentes de viga y losa con diafragmas rigidamente conectados Art. 4.6.2.2.2d

$$R = \frac{N_L}{N_b} + \frac{X_{ext} \sum_{i=1}^{N_L} e}{\sum_{i=1}^{N_b} x^2}$$

R= reacción sobre la viga exterior en términos de carril

NL= número de carriles cargados

Nb= número de vigas

e= excentricidad del camión de diseño o carga de carril respecto del centro de gravedad del conjunto de vigas

Xext= distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga exterior

x= distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta cada viga

| | |
|------------------|-------------------|
| NL= | 1.00 |
| Nb= | 2.00 |
| e= | 0.50 m |
| Xext= | 1.35 m |
| X1= | 1.35 m |
| X2= | 0.65 m |
| R= | 0.65 |
| g= | 0.78 |
| Por lo tanto: | |
| g= | 0.78 |
| M(LL+IM)= | 102.95 T-m |

B) Momento de Diseño, Estado Límite de Resistencia I

| | |
|--|-------------|
| Factor de Ductibilidad (nD) = | 0.95 |
| Factor de Redundancia (NR) = | 1.05 |
| Sector de Importancia Operática (nI) = | 1.05 |
| $n = nD * nR * nI$ | |
| n = | 1.05 |

| CARGA | Y | |
|-------|---------------|------------|
| | Resistencia I | Servicio I |
| DC | 1.25 | 1 |
| DW | 1.5 | 1 |
| LL+IM | 1.75 | 1 |

| | |
|------------|-------------------|
| Mu= | 229.20 T-m |
|------------|-------------------|

C) Cálculo del Acero Principal

Mu 229.20 T.m

Ancho efectivo de viga T Art. 4.6.2.6

| | |
|-------------|--------|
| $L/4=$ | 3.00 m |
| $12t_f+tw=$ | 2.70 m |
| $S=$ | 1.15 m |

| | |
|-------------------|----------|
| $b=$ | 1.15 m |
| Suponiendo $c=t=$ | 0.20 m |
| $a=0.85c=$ | 17.00 cm |

| Diámetro | | Perímetro | Área |
|----------|------|-----------|-----------------|
| mm | cm | cm | cm ² |
| 8 | 0.80 | 2.51 | 0.50 |
| 10 | 1.00 | 3.14 | 0.79 |
| 12 | 1.20 | 3.77 | 1.13 |
| 14 | 1.40 | 4.40 | 1.54 |
| 16 | 1.60 | 5.03 | 2.01 |
| 18 | 1.80 | 5.65 | 2.54 |
| 20 | 2.00 | 6.28 | 3.14 |
| 22 | 2.20 | 6.91 | 3.80 |
| 25 | 2.50 | 7.85 | 4.91 |
| 28 | 2.80 | 8.80 | 6.16 |
| 32 | 3.20 | 10.05 | 8.04 |

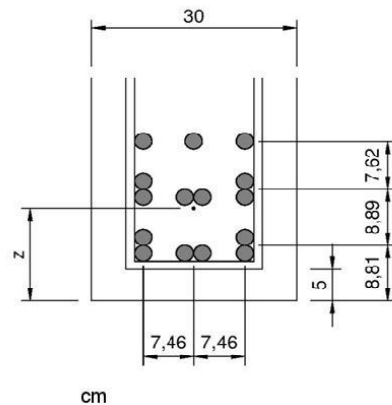
Recubrimiento 5.0 cm
Diámetro a usar = 25 mm

Área = 4.91 cm²
Diámetro = 2.50 cm

Cálculo de "z"

Tomando momentos en la base de la viga

$\phi_{estribo}= 1.27$ cm
varillas = 15



$z= 6.067$ "
 $z= 15.41$ cm
 $z= 15.41$ cm
 $d= 89.59$ cm
 $As= 74.77$ cm²
 $p=As/bd= 0.007$



$c = 1.18 \cdot (p_{fyd} / 0.85 f_c) = 13.54 \text{ cm}$
 Puesto que c (calculado) es menor que c (impuesto);

Diseñar como viga rectangular

| | | | |
|--------------------------------|-------|-----------------|-----------------------|
| # varillas= | 15.00 | | |
| Diámetro a usar = | 25 | mm | |
| | | Área = | 4.91 cm ² |
| | | Diámetro= | 2.50 cm |
| | | Área Impuesta = | 73.63 cm ² |
| As= | 72.13 | cm ² | |
| a= | 11.05 | cm | |
| As= | 72.00 | cm ² | |
| As (impuesta) > As (calculada) | | | |
| OK | | | |

Según Art. 5.7.3.3.1

Según Art. 5.7.3.3.2

| As máximo | | As mínimo | |
|---------------|-----------|--------------|---------------------------|
| (c/de ≤ 0.42) | OK | | (Mu > Menor Valor) |
| a= | 11.05 cm | a) fr= | 33.63 kg/cm ² |
| β1= | 0.85 | S= | 211312.50 cm ³ |
| c= | 13.00 cm | Mcr= | 85.29 T-m |
| de= | 89.59 cm | b) 1.33*Mu= | 304.83 T-m |
| c/de= | 0.15 | Menor Valor= | 85.29 T-m |
| | | Mu= | 229.20 T-m |

Armadura de contracción y temperatura en caras laterales Art. 5.10.8

| | | |
|------------------------------------|-----------------|-----------------------------|
| As temp= | 0.756 Ag / fy = | 4.59 cm ² |
| En dos capas se colocara | | 2.30 cm ² /capa |
| Diám. a usar = | 16 | mm |
| | | Área = 2.01 cm ² |
| | | Diámetro= 1.60 cm |
| S= | 0.88 m | 0.45 |
| Smax=3t= | 0.60 m | Art. 5.10.8 |
| Smax= | 0.45 m | Art. 5.10.8 |
| S asumido= | 40.00 cm | |
| USAR: Ø 16.00 mm @ 40.00 cm | | |

Revisión de fisuración por distribución de armadura Art. 5.7.3.4

Esfuerzo máximo del acero

$$f_{sa} = z / (d c A)^{1/3} \leq 0.6 f_y$$

Para el acero positivo

| | |
|-----------------|-----------------------|
| recub+Øestribo= | 6.27 cm |
| Ø/2= | 9.14 cm |
| dc= | 14.14 cm |
| bw= | 30.00 cm |
| nv= | 15.00 |
| A= | 56.56 cm ² |
| z= | 30000.00 N/mm |
| z= | 30591.00 kg/cm |

$$f_{sa} = 3295.75 \text{ kg/cm}^2 \leq 2520 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{sa} = 2520 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo del acero bajo cargas de servicio

$$f_s = (M_s \cdot c / I) \cdot n$$

| | |
|------|----------------------------|
| Ms= | 139.93 T-m/m |
| Es= | 2039400 kg/cm ² |
| Ec= | 256754 kg/cm ² |
| n= | 7 |
| Ast= | 515.4 cm ² |

| | | | |
|----------------------------|----------------|--------------------|---------------------------|
| 57.50 | y ² | y1= | 24.21 |
| 515.42 | y | y2= | -33.17 |
| -46176.60 | # | y= | 24.21 cm |
| | | c= | 65.38 cm |
| | | I= | 2747172.6 cm ⁴ |
| fs | | fsa | |
| 2331.24 kg/cm ² | | 2520 | kg/cm ² |
| | | OK | |
| fs= | 2331.24 | kg/cm ² | |

D) Diseño por Corte

Sección crítica por corte cerca al apoyo extremo.

Determinación del peralte efectivo por corte. (Art. 5.8.2.9)

$$q(^{\circ}) = 45 \text{ Art 5.8.3.4}$$

| | |
|---------------------------------------|----------|
| dv (peralte de corte efectivo)=de-a/2 | |
| dv= | 84.07 cm |
| 0.90de= | 80.63 cm |
| 0.72h= | 75.6 cm |
| Peralte asumido= | 0.84 m |

La sección crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo a:

$$\text{La distancia} = 0.97 \text{ m}$$

DIAGRAMA DE CORTANTES CARGA MUERTA

Carga Muerta (DC)

| | |
|-------------|-------------|
| Con WDC= | 1565.4 kg/m |
| VDC(0.97m)= | 78.48 KN |
| VDC(0.97m)= | 8000 Kg |

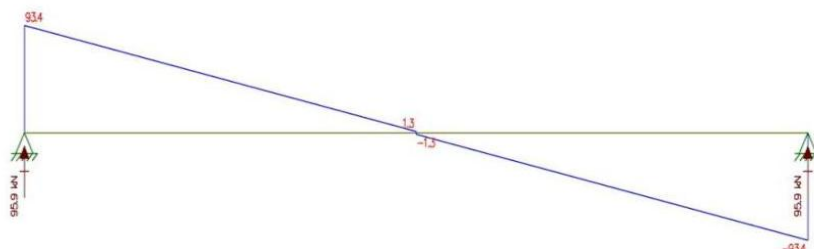


Diagrama de cortante por peso propio de losa.

Superficie de Rodadura (DW)

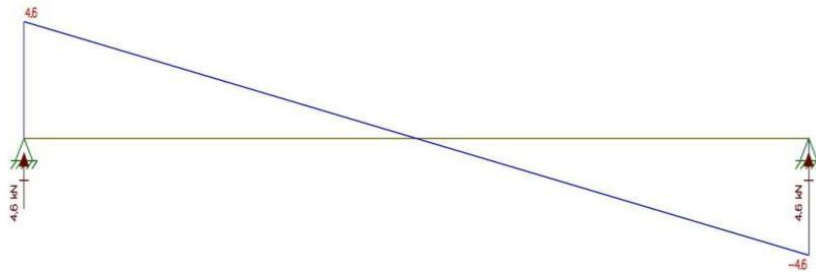


Diagrama de cortante por capa de rodadura.

| | |
|-------------|-----------|
| Con WDW= | 78 kg/m |
| VDW(0.97m)= | 3.83 KN |
| VDW(0.97m)= | 390.42 Kg |

Carga Viva

a) Camion de diseño

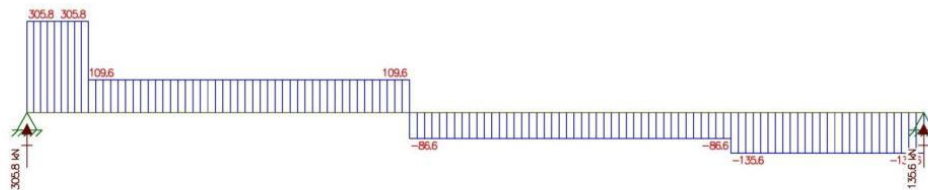


Diagrama de cortante por camión de diseño.

| | |
|------------|-------------|
| Va(0.97m)= | 104.1 KN |
| Va(0.97m)= | 10611.62 kg |

b) Tandem



Diagrama de cortante por tandem.

| | |
|------------|------------|
| Vb(0.97m)= | 72.4 KN |
| Vb(0.97m)= | 7380.22 kg |

c) Carga de Carril

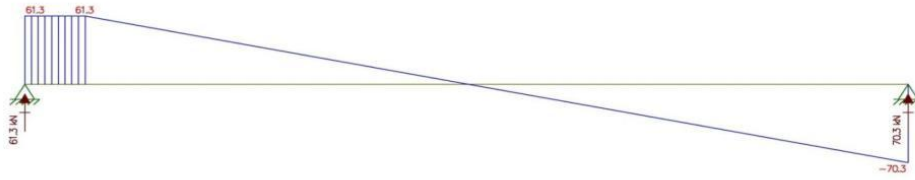


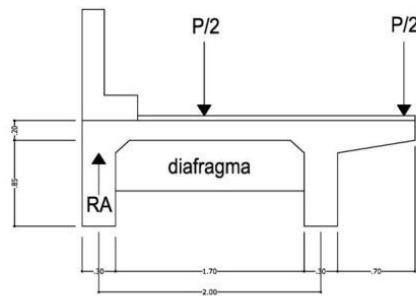
Diagrama de cortante por carga de carril.

| | |
|---------------|------------|
| $V_c(0.97m)=$ | 59.7 KN |
| $V_c(0.97m)=$ | 6085.63 kg |

Luego:

| | |
|------------|---------|
| $V(LL+IM)$ | 20.20 T |
|------------|---------|

a) Ley de momentos caso de un carril cargado



| | |
|-----------|---------|
| RA | 0.075 P |
| Usando m= | 1.2 |
| g= | 0.09 |

b) Caso puentes de viga y losa con diafragmas rigidamente conectados Art. 4.6.2.2.2d

$$R = \frac{N_L}{N_b} + \frac{X_{ext} \sum e}{\sum x^2}$$

R= reacción sobre la viga exterior en términos de carril

NL= número de carriles cargados

Nb= número de vigas

e= excentricidad del camión de diseño o carga de carril respecto del centro de gravedad del conjunto de vigas.

Xext= distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta la viga exterior

x= distancia horizontal desde el centro de gravedad del conjunto de vigas hasta cada viga

| | |
|-------|--------|
| NL= | 1 |
| Nb= | 2 |
| e= | 0.50 m |
| Xext= | 1.35 m |
| X1= | 1.35 m |
| X2= | 0.65 m |
| R= | 0.65 |
| g= | 0.78 |

Por lo tanto:

| | |
|----|------|
| g= | 0.78 |
|----|------|

| | |
|-----------|---------|
| V(LL+IM)= | 15.76 T |
|-----------|---------|

E) Cortante de Diseño, estado Límite de Resistencia I

| | |
|-----|---------|
| Vu= | 11.12 T |
|-----|---------|

Cortante Actuante

Vu= 11116.01 kg

Cortante Resistente

Vr=ØVn

Ø= 0.9

Escoger Vn menor de:

| |
|---------------------|
| Vn1=Vc+Vs+Vp |
| Vn2=0.25fc*bv*dv+Vp |

Cortante resistente concreto

Vc=0.53(fc)^0.5*bv*dv

Vc= 22366.47 kg



| | | | | | |
|-------------------|-------------------|-----------|-----------|---|-----|
| Diámetro a usar = | 12 | mm | Área = | 1.13 | cm² |
| | | | Diámetro= | 1.20 | cm |
| Con: | | | | | |
| θ=45 | | | | | |
| α=90 | | | | | |
| | $Vs=(Av*fy*dv)/s$ | | | | |
| | $Av=$ | 2.26 | cm² | Dos ramales de estribos s asumido de estribos. | |
| | $s=$ | 15.00 | cm | | |
| | $Vs=$ | 53242.89 | kg | Componente fuerza pretensado | |
| | $Vp=$ | 0.00 | kg | | |
| | | | | | |
| | $Vn1=$ | 75609.36 | kg | | |
| | $Vn2=$ | 176538.95 | kg | | |
| | | | | | |
| | $Vn=$ | 75609.36 | kg | | |

Cortante Resistente Total

| | | |
|--------|------------|----|
| $V_r=$ | 68048.4238 | kg |
| | OK | |

Refuerzo Transversal Mínimo

$$A_{vmin} \geq 0.27 \cdot (f_c)^{0.5} \cdot (b_v \cdot s) / f_y$$

| | | |
|-------------|------------------|-----------------|
| $A_{vmin}=$ | 0.48 | cm ² |
| | $A_{vmin} < A_v$ | |
| | OK | |

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$v_u = (V_u - \phi V_p) / (\phi \cdot b_v \cdot d_v)$$

| | | |
|--------|------|--------------------|
| $v_u=$ | 4.90 | kg/cm ² |
|--------|------|--------------------|

Entonces:

Si $v_u < 0.125 f_c$; $s_{\max} = 0.8 d_v \leq 60 \text{ cm}$ --> Condición 1 Según el Art. 5.8.2.7-1.

Si $v_u \geq 0.125 f_c$; $s_{\max} = 0.4 d_v \leq 60 \text{ cm}$ --> Condición 2 Según el Art. 5.8.2.7-2.

| Condición 2 | | |
|-----------------------|-------|----|
| S_{\max} calculado= | 31.20 | OK |
| S_{\max} norma= | 30 | |
| S_{\max} escogido= | 30 | |

Anexo 13 Hoja de cálculo diseño de diafragma.

DISEÑO DE DIAFRAGMA.

| | | |
|------------------------------|---------|--------------------|
| LUZ | 12.00 | m |
| t= | 0.20 | m |
| CAPA RODADURA= | 0.05 | m |
| Ancho viga (b)= | 0.30 | m |
| Alto viga (h)= | 0.85 | m |
| Separación entre vigas (S')= | 2.00 | m |
| Voladizo (a)= | 0.80 | m |
| a (asumido)= | 0.85 | m |
| h _{diafrag} = | 0.70 | m |
| b _{diafrag} = | 0.25 | m |
| h _{cartela} = | 0.23 | m |
| b _{cartela} = | 0.15 | m |
| b _{vereda} = | 0.50 | m |
| h _{vereda} = | 0.30 | m |
| RESISTENCIA CONCRETO (f'c)= | 280.00 | kg/cm ² |
| FLUENCIA DEL ACERO (f'y)= | 4200.00 | kg/cm ² |
| DENSIDAD DEL CONCRETO= | 2400.00 | kg/m ³ |
| DENSIDAD CAPA RODADURA= | 2400.00 | kg/m ³ |
| BOMBEO= | 0.01 | % |

A) Cálculo del acero principal negativo

Carga muerta (DC)

| | | |
|-----------------------|--------|------|
| P _{vereda} = | 90.00 | kg |
| W _{pp} = | 420.00 | kg/m |

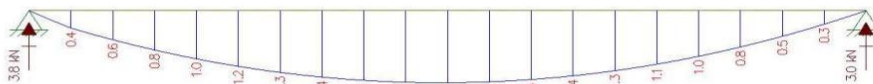
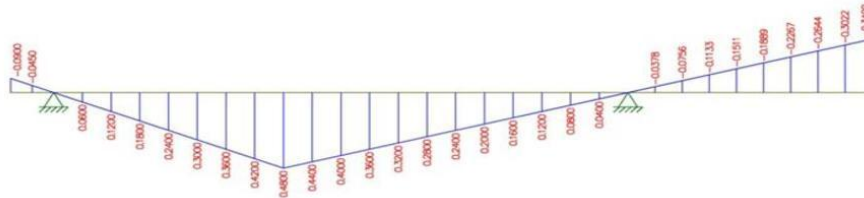


Diagrama de momentos por peso propio.

| | | |
|-------------|--------|------|
| MDC(0.80m)= | 1.50 | KN.m |
| MDC(0.80m)= | 152.91 | Kg.m |

Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM)



Línea de Influencia de Momento Flector en el pto H.

| | |
|-----------|------------|
| Y(0.95m)= | 0.39 m |
| M(0.95)= | 38.26 kN-m |

| | |
|-------------------------|---------------------|
| M(LL+IM)(0.95m)= | 6224.40 kg-m |
|-------------------------|---------------------|

B) Combinación crítica

| | | |
|--|------|--|
| Estado Límite de resistencia | | |
| Factor de Ductibilidad (nD) = | 0.95 | |
| Factor de Redundancia (NR) = | 1.05 | |
| Sector de Importancia Operática (nI) = | 1.05 | |
| $n = nD * nR * nI$ | | |
| n = 1.05 | | |

| CARGA | Y | |
|-------|---------------|------------|
| | Resistencia I | Servicio I |
| DC | 1.25 | 1 |
| DW | 1.5 | 1 |
| LL+IM | 1.75 | 1 |

| | |
|------------|----------------------|
| Mu= | 11608.93 kg-m |
| Mu= | 11.61 T-m |

C) Cálculo de acero

| Diámetro | | Perímetro | Área |
|----------|------|-----------|-----------------|
| mm | cm | cm | cm ² |
| 8 | 0.80 | 2.51 | 0.50 |
| 10 | 1.00 | 3.14 | 0.79 |
| 12 | 1.20 | 3.77 | 1.13 |
| 14 | 1.40 | 4.40 | 1.54 |
| 16 | 1.60 | 5.03 | 2.01 |
| 18 | 1.80 | 5.65 | 2.54 |
| 20 | 2.00 | 6.28 | 3.14 |
| 22 | 2.20 | 6.91 | 3.80 |
| 25 | 2.50 | 7.85 | 4.91 |
| 28 | 2.80 | 8.80 | 6.16 |
| 32 | 3.20 | 10.05 | 8.04 |



| | | | |
|----------------------|-------|-----|---|
| Recubrimiento | 5 | cm | |
| Diámetro a usar = | 16 | mm | Área (cm²)= 2.01 Diámetro (cm)= 1.60 |
| ΦAs Losa= | 2 | | |
| Φest= | 12 | mm | Diámetro (cm) 1.2 |
| Φ= | 1.6 | cm | |
| #varillas= | 2 | | |
| As= | 4.02 | cm² | |
| z= | 9.00 | cm | Mu(Imp)>Mu(Calc) |
| d= | 81.00 | cm | OK |
| a= | 2.84 | cm | |
| Mu= | 12.10 | T-m | |
| USAR: Ø 16 mm | | | |

| Según Art. 5.7.3.3.1 | | Según Art. 5.7.3.3.2 | |
|----------------------|-----------|----------------------|--------------|
| As máximo | | As mínimo | |
| (c/de<=0.42) | OK | (Mu>Menor Valor) | |
| a= | 2.84 cm | a) fr= | 33.63 kg/cm² |
| β1= | 0.85 | S= | 20417 cm³ |
| c= | 3.34 cm | Mcr= | 8.24 T-m |
| de= | 81.00 cm | b) 1.33*Mu= | 15.44 T-m |
| c/de= | 0.04 | Menor Valor= | 8.24 T-m |
| | | Mu= | 11.61 T-m |

Armadura de contracción y temperatura en caras laterales Art. 5.10.8

En el alma de la viga diafragma

| | | | |
|----------------------------------|------|------|--------------------------------------|
| Astemp=0.756Ag/fy | 3.11 | cm² | |
| En dos capas se colocara | | 1.56 | cm²/capa |
| Diámetro a usar = | 12 | mm | Área = 1.13 cm² Diámetro= 1.20 cm |
| S | 0.73 | m | 0.45 |
| Smax=3t | 0.75 | m | Art. 5.10.8 |
| Smax= | 0.45 | m | Art. 5.10.8 |
| S asumido= | 40 | cm | |
| USAR: Ø 12 mm @ 40.00 cm. | | | |

D) Diseño por Corte

Sección crítica por corte cerca al apoyo extremo.

Determinación del peralte efectivo por corte. (Art. 5.8.2.9)

$$q(^{\circ}) = 45 \text{ Art 5.8.3.4}$$

| | |
|---|----------|
| dv (peralte de corte efectivo)= $d_e - a/2$ | |
| dv= | 79.58 cm |
| 0.90d _e = | 72.90 cm |
| 0.72h= | 64.80 cm |
| Peralte asumido= | 0.80 m |

La sección crítica por corte se ubica desde el eje del apoyo a:

| | |
|--------------|--------|
| La distancia | 0.95 m |
|--------------|--------|

DIAGRAMA DE CORTANTES CARGA MUERTA*Carga Muerta (DC)*

Con:

| | |
|-----------------------|-----------------|
| P _{vereda} = | 90.00 kg |
| W _{pp} = | 420.00 kg/m |
| VDC(0.92m)= | 0.32 KN |
| VDC(0.92m)= | 32.62 Kg |
| VDC(0.92m)= | 0.03 T |

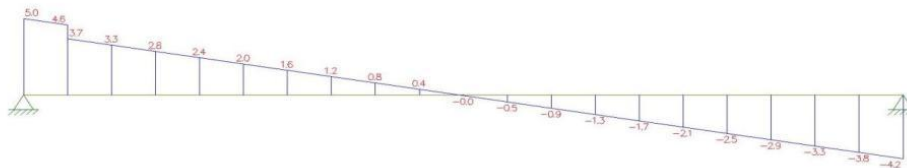
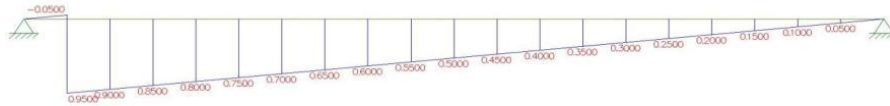


Diagrama de cortante por peso propio.

Superficie de Rodadura (DW)

Despreciable

Carga viva y efecto de carga dinámica (LL+IM)



Línea de Influencia de cortante en H.

| | |
|------------------|----------------|
| Y(0.1m)= | 0.95 m |
| Y(1.9m)= | 0.05 m |
| VLL= | 98.10 KN |
| VLL= | 10000 Kg |
| VLL= | 10 T |
| V(LL+IM)= | 15.96 T |

E) Combinación crítica, estado Limite de Resistencia I

| | |
|------------|----------------|
| Vu= | 29.30 T |
|------------|----------------|

F) Diseño de estribos

Cortante Actuante

$$Vu = 29295.89 \text{ kg}$$

Cortante Resistente

$$Vr = \phi Vn$$

$$\phi = 0.9$$

Escoger Vn menor de:

$$Vn1 = Vc + Vs + Vp$$

$$Vn2 = 0.25f_c \cdot b_v \cdot d_v + Vp$$

Cortante resistente concreto

$$Vc = 0.53(f_c)^{0.5} \cdot b_v \cdot d_v$$

$$Vc = 17644.24 \text{ kg}$$

| | | | | | |
|-------------------|--------------------------------------|------------------|-----------------|--|-----------------|
| Diámetro a usar = | 12 | mm | Área = | 1.13 | cm ² |
| | | | Diámetro= | 1.20 | cm |
| Con: | | | | | |
| $\theta = 45$ | | | | | |
| $\alpha = 90$ | | | | | |
| | $Vs = (A_v \cdot f_y \cdot d_v) / s$ | | | | |
| | $A_v =$ | 2.26 | cm ² | Dos ramales de estribos s asumido de estribos | |
| | $s =$ | 30.00 | cm | | |
| | $Vs =$ | 25201.03 | kg | Componente f. pretensado | |
| | $Vp =$ | 0.00 | kg | | |
| | Vn1= | 42845.27 | kg | | |
| | Vn2= | 139266.29 | kg | | |
| | Vn= | 42845.27 | kg | | |

Cortante Resistente Total

$$Vr = 38560.74 \text{ kg}$$

OK



Refuerzo Transversal Mínimo

$$A_{vmin} \geq 0.27 \cdot (f_c)^{0.5} \cdot (b_v \cdot s) / f_y$$

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| A_{vmin}= | 0.81 cm² |
| A _{vmin} < A _v | |
| OK | |

Espaciamiento máximo del refuerzo transversal

$$v_u = (V_u - \phi V_p) / (\phi \cdot b_v \cdot d_v)$$

| | |
|-----------------------|--------------------------------|
| v_u= | 16.36 kg/cm² |
|-----------------------|--------------------------------|

Entonces:

Si $v_u < 0.125 f_c$; $s_{\max} = 0.8 d_v \leq 60 \text{ cm}$ --> Condición 1
Si $v_u \geq 0.125 f_c$; $s_{\max} = 0.4 d_v \leq 60 \text{ cm}$ --> Condición 2

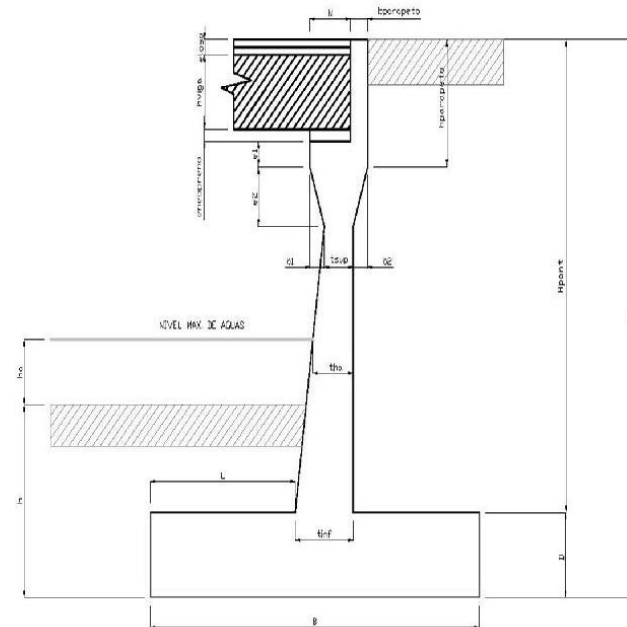
Según el Art. 5.8.2.7-1.
Según el Art. 5.8.2.7-2.

| Condicion 1 | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------|
| S_{max} calculado= | 63.66 | OK |
| S_{max} norma= | 60 | |
| S_{max} escogido= | 60 | |

Anexo 14 Hoja de cálculo para estribo del margen derecho.

DISEÑO ESTRIBO EN EL MARGEN DERECHO.

LONGITUD: 10.50 m
 ANCHO TOTAL: 3.00 m (Ancho de vía + veredas)

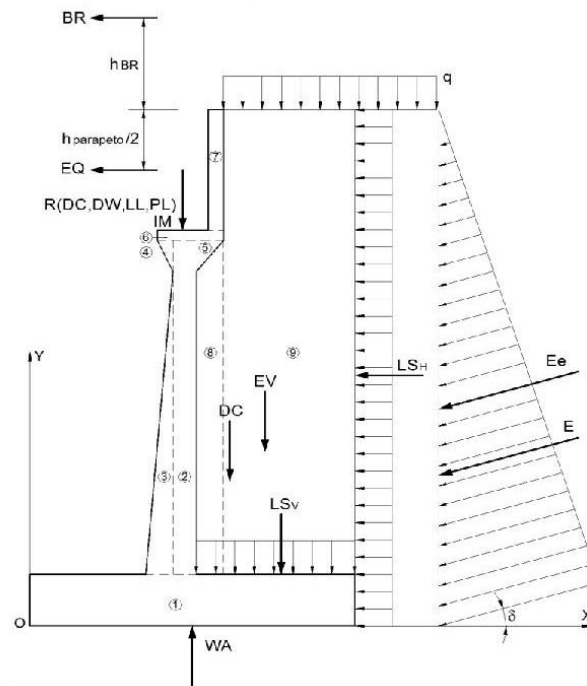


| DIMENSION | CALCULADO | REDONDEADO |
|-------------------------|-----------|------------|
| H= | 10.50 m | 10.50 m |
| h= | 2.00 m | 2.00 m |
| B=0.6H= | 7.00 m | 5.50 m |
| D=0.1H= | 1.05 m | 1.00 m |
| t _{sup} =H/24= | 0.44 m | 0.80 m |
| t _{inf} =0.1H= | 1.05 m | 1.20 m |
| L=B/3= | 2.33 m | 2.00 m |
| e _{losa} = | 0.20 m | 0.20 m |
| h _{viga} = | 0.85 m | 0.85 m |
| e _{neopreno} = | 0.10 m | 0.10 m |
| h _{parapeto} = | 1.20 m | 1.20 m |
| b _{parapeto} = | 0.30 m | 0.25 m |
| e1= | 0.30 m | 0.00 m |
| e2= | 0.70 m | 0.00 m |
| b1= | 0.25 m | 0.00 m |
| b2= | 0.25 m | 0.00 m |
| s ^o = | 2.76° | 2.76° |
| N _{minimo} = | 0.22 m | — |
| N= | 0.55 m | 0.55 m |
| h _a = | 1.80 m | 1.80 m |
| t _{ha} = | 1.07 m | 1.07 m |
| H _{pant} = | 9.50 m | 9.50 m |

1. DATOS PREVIOS

$hS/C = 0.60 \text{ m}$
 $\gamma_{\text{concreto}} = 2.40 \text{ T/m}^3$
 $\gamma_m = 2.00 \text{ T/m}^3$
 $\phi = 37^\circ$
 $A = 0.30$
 $\% \text{ Impacto} = 33.00\%$
 $q = 1.20 \text{ T-m}$

Reacciones debido a:
 $R(DC) = 9.73 \text{ T}$
 $R(DW) = 1.34 \text{ T}$
 $R(LL) = 36.54 \text{ T}$



2. PESO PROPIO (DC) Y DEL SUELO (EV):

| CALCULO DE DC | | | | |
|---------------|-----------|--------|-------|------------|
| Nº | VOL. (m3) | DC (T) | x (m) | DC*x (T-m) |
| 1 | 5.50 | 13.20 | 2.75 | 36.30 |
| 2 | 6.64 | 15.94 | 2.80 | 44.62 |
| 3 | 1.66 | 3.98 | 2.27 | 9.03 |
| Nº | VOL. (m3) | DC (T) | x (m) | DC*x (T-m) |
| 4 | 0.00 | 0.00 | 2.40 | 0.00 |
| 5 | 0.00 | 0.00 | 3.20 | 0.00 |
| 6 | 0.00 | 0.00 | 2.80 | 0.00 |
| 7 | 0.30 | 0.72 | 3.08 | 2.21 |
| Σ | — | 33.84 | — | 92.17 |



| CALCULO DE EV | | | | |
|---------------|-----------|--------|-------|------------|
| N° | VOL. (m3) | EV (T) | x (m) | EV*x (T-m) |
| 8 | 0.00 | 0.00 | 3.20 | 0.00 |
| 9 | 21.85 | 43.70 | 4.35 | 190.10 |
| Σ | — | 43.70 | — | 190.10 |

$$DC = 33.84 \text{ T} \quad EV = 43.70 \text{ T}$$

$$x = 2.72 \text{ m} \quad x = 4.35 \text{ m}$$

3. PESO PROPIO PROVENIENTE DE LA SUPERESTRUCTURA (DC):

$$DC = 3.24 \text{ T/m}$$

$$x = 2.68 \text{ m}$$

4. CARGA MUERTA PROVENIENTE DE LA SUPERESTRUCTURA (DW):

$$DW = 0.45 \text{ T/m}$$

$$x = 2.68 \text{ m}$$

5. PRESION ESTATICA DEL SUELO (EH Y EV):

$$\delta = \phi/2 = 18.5^\circ$$

$$\gamma_m = 2.00 \text{ g/cm}^3$$

$$K_a = 0.2265$$

$$k_h = A/2 = 0.15$$

$$\theta = 8.53^\circ$$

$$K_e = 0.3168$$

Empuje estático:

$$E = 24.97 \text{ T}$$

$$EH = 23.68 \text{ T}$$

$$EV = 7.92 \text{ T}$$

$$y = 3.50 \text{ m}$$

$$x = 5.50 \text{ m}$$

Empuje dinámico:

$$E_e = 34.93 \text{ T}$$

$$EHe = 33.12 \text{ T}$$

$$EVe = 11.08 \text{ T}$$

$$\Delta E_e = 9.95 \text{ T}$$

$$y = 4.30 \text{ m}$$

$$x = 5.50 \text{ m}$$

6. CARGA VIVA PROVENIENTE DE LA SUPERESTRUCTURA (LL):

$$LL = 12.18 \text{ T/m}$$

$$x = 2.68 \text{ m}$$

7. CARGA DE IMPACTO (IM):

$$IM = 4.02 \text{ T/m}$$

$$x = 2.68 \text{ m}$$

8. FUERZA DE FRENADO Y ACELERACION (BR):

$$BR = 5\%LL = 0.61 \text{ T}$$

$$h_{BR} = 1.80 \text{ m}$$

$$y = 12.30 \text{ m}$$

9. SOBRECARGA PEATAL PROVENIENTE DE LA SUPERESTRUCTURA (PL):

$$PL = 0.00 \text{ T/m}$$

$$x = 0.00 \text{ m}$$

10. SOBRECARGA SUPERFICIAL Y DE TRAFICO (LS):

$$p_H = 0.27 \text{ T/m}$$

$$LS_H = 2.85 \text{ T}$$

$$y = 5.25 \text{ m}$$

$$LS_V = 2.76 \text{ T}$$

$$x = 4.35 \text{ m}$$

11. SUBPRESION DE AGUA (WA):

$$WA = -7.37 \text{ T}$$

$$x = 2.75 \text{ m}$$

12. FUERZA SISMICA (EQ):

$$EQ = 10\%DC = 0.32 \text{ T}$$

$$y = 9.90 \text{ m}$$



13. COMBINACION DE CARGAS

| ESTADO | DC | DW | EH | EV | LL IM BR PL LS | WA | EQ | n |
|-----------------|------|------|------|------|----------------------------|------|------|------|
| RESISTENCIA (a) | 0.90 | 0.65 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.00 | 0.00 | 1.05 |
| RESISTENCIA (b) | 0.90 | 1.50 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.00 | 0.00 | 1.05 |
| RESISTENCIA (c) | 1.25 | 0.65 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.00 | 0.00 | 1.05 |
| RESISTENCIA (d) | 1.25 | 1.50 | 1.50 | 1.35 | 1.75 | 1.00 | 0.00 | 1.05 |
| EV. EXTREMO (a) | 0.90 | 0.65 | 1.50 | 1.35 | 0.5 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| EV. EXTREMO (b) | 0.90 | 1.50 | 1.50 | 1.35 | 0.5 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| EV. EXTREMO (c) | 1.25 | 0.65 | 1.50 | 1.35 | 0.5 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| EV. EXTREMO (d) | 1.25 | 1.50 | 1.50 | 1.35 | 0.5 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

VERIFICACION DE ESTABILIDAD

LONGITUD: 10.50 m
 ANCHO TOTAL: 3.00 m (Ancho de vía + veredas)

1. DATOS PREVIOS

F.S.D.= 1.50 μ = 0.75
 F.S.V.= 1.50 σ = 37.04 kg/cm²

2. FUERZAS Y MOMENTOS ACTUANTES FACTORADOS

| FUERZAS ACTUANTES (T) | | | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|------|------|-------|
| COMBINACIÓN | E _H | LS _H | BR | EQ | nΣF |
| RESISTENCIA (a) | 35.52 | 4.99 | 1.07 | 0.00 | 43.66 |
| RESISTENCIA (b) | 35.52 | 4.99 | 1.07 | 0.00 | 43.66 |
| RESISTENCIA (c) | 35.52 | 4.99 | 1.07 | 0.00 | 43.66 |
| RESISTENCIA (d) | 35.52 | 4.99 | 1.07 | 0.00 | 43.66 |
| EV. EXTREMO (a) | 49.68 | 1.43 | 0.30 | 0.32 | 51.74 |
| EV. EXTREMO (b) | 49.68 | 1.43 | 0.30 | 0.32 | 51.74 |
| EV. EXTREMO (c) | 49.68 | 1.43 | 0.30 | 0.32 | 51.74 |
| EV. EXTREMO (d) | 49.68 | 1.43 | 0.30 | 0.32 | 51.74 |

| MOMENTOS ACTUANTES (T-m) | | | | | |
|--------------------------|----------------|-----------------|-------|------|--------|
| COMBINACIÓN | E _H | LS _H | BR | EQ | nΣM |
| RESISTENCIA (a) | 124.33 | 26.22 | 13.11 | 0.00 | 171.84 |
| RESISTENCIA (b) | 124.33 | 26.22 | 13.11 | 0.00 | 171.84 |
| RESISTENCIA (c) | 124.33 | 26.22 | 13.11 | 0.00 | 171.84 |
| RESISTENCIA (d) | 124.33 | 26.22 | 13.11 | 0.00 | 171.84 |
| EV. EXTREMO (a) | 213.53 | 7.49 | 3.75 | 3.21 | 227.97 |
| EV. EXTREMO (b) | 213.53 | 7.49 | 3.75 | 3.21 | 227.97 |
| EV. EXTREMO (c) | 213.53 | 7.49 | 3.75 | 3.21 | 227.97 |
| EV. EXTREMO (d) | 213.53 | 7.49 | 3.75 | 3.21 | 227.97 |

3. FUERZAS Y MOMENTOS RESISTENTES FACTORADOS:

| FUERZAS RESISTENTES (T) | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|------|-------|------|------|-------|-----------------|-------|--------|
| COMBINACIÓN | DC | DW | LL | IM | PL | Ev | LS _v | WA | nΣF |
| RESISTENCIA (a) | 33.38 | 0.29 | 21.32 | 7.03 | 0.00 | 69.69 | 4.83 | -7.37 | 135.63 |
| RESISTENCIA (b) | 33.38 | 0.67 | 21.32 | 7.03 | 0.00 | 69.69 | 4.83 | -7.37 | 136.02 |
| RESISTENCIA (c) | 46.35 | 0.29 | 21.32 | 7.03 | 0.00 | 69.69 | 4.83 | -7.37 | 149.25 |
| RESISTENCIA (d) | 46.35 | 0.67 | 21.32 | 7.03 | 0.00 | 69.69 | 4.83 | -7.37 | 149.65 |
| EV. EXTREMO (a) | 33.38 | 0.29 | 6.09 | 2.01 | 0.00 | 73.96 | 1.38 | -7.37 | 109.73 |
| EV. EXTREMO (b) | 33.38 | 0.67 | 6.09 | 2.01 | 0.00 | 73.96 | 1.38 | -7.37 | 110.11 |
| EV. EXTREMO (c) | 46.35 | 0.29 | 6.09 | 2.01 | 0.00 | 73.96 | 1.38 | -7.37 | 122.71 |
| EV. EXTREMO (d) | 46.35 | 0.67 | 6.09 | 2.01 | 0.00 | 73.96 | 1.38 | -7.37 | 123.09 |

| MOMENTOS RESISTENTES (T-m) | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------|------|-------|-------|------|--------|-----------------|--------|--------|
| COMBINACIÓN | DC | DW | LL | IM | PL | Ev | LS _v | WA | nΣM |
| RESISTENCIA (a) | 90.76 | 0.78 | 57.02 | 18.82 | 0.00 | 315.46 | 21.01 | -20.26 | 507.75 |
| RESISTENCIA (b) | 90.76 | 1.79 | 57.02 | 18.82 | 0.00 | 315.46 | 21.01 | -20.26 | 508.82 |
| RESISTENCIA (c) | 126.05 | 0.78 | 57.02 | 18.82 | 0.00 | 315.46 | 21.01 | -20.26 | 544.81 |
| RESISTENCIA (d) | 126.05 | 1.79 | 57.02 | 18.82 | 0.00 | 315.46 | 21.01 | -20.26 | 545.88 |
| EV. EXTREMO (a) | 90.76 | 0.78 | 16.29 | 5.38 | 0.00 | 338.91 | 6.00 | -20.26 | 437.85 |
| EV. EXTREMO (b) | 90.76 | 1.79 | 16.29 | 5.38 | 0.00 | 338.91 | 6.00 | -20.26 | 438.87 |
| EV. EXTREMO (c) | 126.05 | 0.78 | 16.29 | 5.38 | 0.00 | 338.91 | 6.00 | -20.26 | 473.15 |
| EV. EXTREMO (d) | 126.05 | 1.79 | 16.29 | 5.38 | 0.00 | 338.91 | 6.00 | -20.26 | 474.16 |

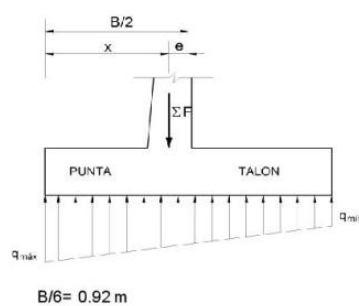
4. ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

| Combinación | $\mu \Sigma F_v / \Sigma F_H$ | | OBSERVACIONES |
|-----------------|-------------------------------|----|---------------|
| RESISTENCIA (a) | 2.34 | OK | |
| RESISTENCIA (b) | 2.35 | OK | |
| RESISTENCIA (c) | 2.58 | OK | |
| RESISTENCIA (d) | 2.58 | OK | |
| EV. EXTREMO (a) | 1.60 | OK | |
| EV. EXTREMO (b) | 1.60 | OK | |
| EV. EXTREMO (c) | 1.79 | OK | |
| EV. EXTREMO (d) | 1.79 | OK | |

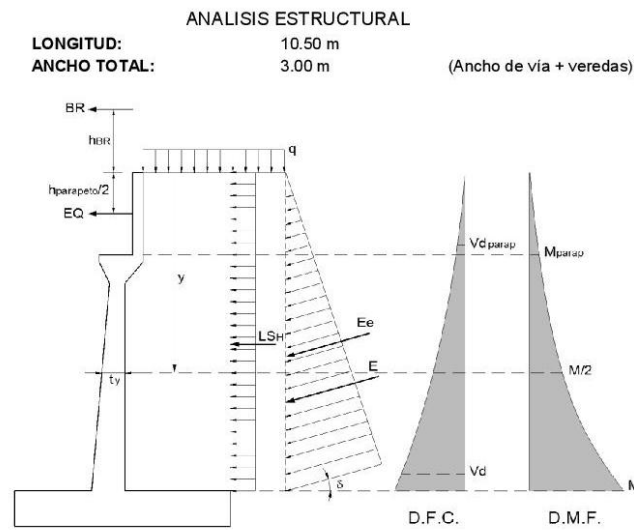
5. ESTABILIDAD AL VOLTEO

| COMBINACION | $\Sigma M_R / \Sigma M_A$ | |
|-----------------|---------------------------|----|
| RESISTENCIA (a) | 2.95 | OK |
| RESISTENCIA (b) | 2.96 | OK |
| RESISTENCIA (c) | 3.17 | OK |
| RESISTENCIA (d) | 3.18 | OK |
| EV. EXTREMO (a) | 1.92 | OK |
| EV. EXTREMO (b) | 1.93 | OK |
| EV. EXTREMO (c) | 2.08 | OK |
| EV. EXTREMO (d) | 2.08 | OK |

6. PRESIONES SOBRE EL SUELO



| COMBINACIÓN | x (m) | e (m) | | qmax (T/m) | qmin (T/m) | |
|-----------------|-------|-------|----|------------|------------|----------|
| RESISTENCIA (a) | 2.48 | 0.27 | OK | 32.01 | OK | 17.31 OK |
| RESISTENCIA (b) | 2.48 | 0.27 | OK | 32.09 | OK | 17.38 OK |
| RESISTENCIA (c) | 2.50 | 0.25 | OK | 34.57 | OK | 19.70 OK |
| RESISTENCIA (d) | 2.50 | 0.25 | OK | 34.65 | OK | 19.77 OK |
| EV. EXTREMO (a) | 1.91 | 0.84 | OK | 38.18 | OK | 1.73 OK |
| EV. EXTREMO (b) | 1.92 | 0.83 | OK | 38.25 | OK | 1.79 OK |
| EV. EXTREMO (c) | 2.00 | 0.75 | OK | 40.62 | OK | 4.01 OK |
| EV. EXTREMO (d) | 2.00 | 0.75 | OK | 40.69 | OK | 4.07 OK |



1. CÁLCULO DEL CORTANTE Y MOMENTO DE DISEÑO (EN LA BASE DE LA PANTALLA)

$$y = 9.50 \text{ m}$$

| COMBINACIÓN | CORTANTE V_d (T) (a "d" de la cara) | | | | |
|-----------------|---------------------------------------|----------------|------|------|--------------|
| | E _H | L _S | BR | EQ | $n \sum V_d$ |
| RESISTENCIA (a) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| RESISTENCIA (b) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| RESISTENCIA (c) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| RESISTENCIA (d) | 28.77 | 4.49 | 1.07 | 0.00 | 36.05 |
| EV. EXTREMO (a) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |
| EV. EXTREMO (b) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |
| EV. EXTREMO (c) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |
| EV. EXTREMO (d) | 40.24 | 1.28 | 0.30 | 0.32 | 42.15 |

| COMBINACIÓN | MOMENTO M (T-m) | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|-------|------|------------|
| | E _H | L _S | BR | EQ | $n \sum M$ |
| RESISTENCIA (a) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| RESISTENCIA (b) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| RESISTENCIA (c) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| RESISTENCIA (d) | 92.08 | 21.46 | 12.04 | 0.00 | 131.87 |
| EV. EXTREMO (a) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |
| EV. EXTREMO (b) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |
| EV. EXTREMO (c) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |
| EV. EXTREMO (d) | 158.14 | 6.13 | 3.44 | 2.69 | 170.41 |

2. UBICACIÓN DE $M/2$ PARA EL CORTE DEL ACERO:

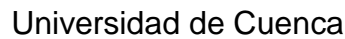
$$y = 6.3280 \text{ m}$$

$$t_y = 1.063 \text{ m}$$

$$M_u = 218.89 \text{ T-m}$$

$$M_u/2 = 109.48 \text{ T-m}$$

| COMBINACIÓN | MOMENTO $M/2$ (T-m) | | | | |
|-----------------|---------------------|----------------|------|------|----------------|
| | E _H | L _S | BR | EQ | $n \sum (M/2)$ |
| RESISTENCIA (a) | 64.70 | 15.35 | 8.66 | 0.00 | 93.16 |
| RESISTENCIA (b) | 64.70 | 15.35 | 8.66 | 0.00 | 93.16 |
| RESISTENCIA (c) | 64.70 | 15.35 | 8.66 | 0.00 | 93.16 |
| RESISTENCIA (d) | 64.70 | 15.35 | 8.66 | 0.00 | 93.16 |
| EV. EXTREMO (a) | 100.95 | 4.39 | 2.47 | 1.66 | 109.48 |
| EV. EXTREMO (b) | 100.95 | 4.39 | 2.47 | 1.66 | 109.48 |
| EV. EXTREMO (c) | 100.95 | 4.39 | 2.47 | 1.66 | 109.48 |
| EV. EXTREMO (d) | 100.95 | 4.39 | 2.47 | 1.66 | 109.48 |



| COMBINACIÓN | CORTANTE Vdparap (T) (a "d" de la cara) | | | | |
|-----------------|---|-----------------|------|------|------|
| | E _H | LS _H | BR | EQ | nΣVd |
| RESISTENCIA (a) | 0.71 | 0.88 | 1.07 | 0.00 | 2.79 |
| RESISTENCIA (b) | 0.71 | 0.88 | 1.07 | 0.00 | 2.79 |
| RESISTENCIA (c) | 0.71 | 0.88 | 1.07 | 0.00 | 2.79 |
| RESISTENCIA (d) | 0.71 | 0.88 | 1.07 | 0.00 | 2.79 |
| EV. EXTREMO (a) | 0.93 | 0.25 | 0.30 | 0.32 | 1.81 |
| EV. EXTREMO (b) | 0.93 | 0.25 | 0.30 | 0.32 | 1.81 |
| EV. EXTREMO (c) | 0.93 | 0.25 | 0.30 | 0.32 | 1.81 |
| EV. EXTREMO (d) | 0.93 | 0.25 | 0.30 | 0.32 | 1.81 |

| COMBINACIÓN | qcar (T/m) | MOMENTO M (T-m) | | | | |
|-----------------|---------------|-----------------|--------|---------|--------|-------|
| | | DC | LSv | EV | Q | nΣM |
| RESISTENCIA (a) | 23.56 | -15.60 | -12.89 | -149.13 | 227.59 | 52.48 |
| RESISTENCIA (b) | 23.62 | -15.60 | -12.89 | -149.13 | 228.20 | 53.11 |
| RESISTENCIA (c) | 25.70 | -21.66 | -12.89 | -149.13 | 246.61 | 66.08 |
| RESISTENCIA (d) | 25.76 | -21.66 | -12.89 | -149.13 | 247.22 | 66.72 |
| EV. EXTREMO (a) | 19.73 | -15.60 | -3.68 | -149.13 | 222.01 | 53.61 |
| EV. EXTREMO (b) | 19.79 | -15.60 | -3.68 | -149.13 | 222.68 | 54.27 |
| EV. EXTREMO (c) | 21.80 | -21.66 | -3.68 | -149.13 | 242.00 | 67.53 |
| EV. EXTREMO (d) | 21.86 | -21.66 | -3.68 | -149.13 | 242.58 | 68.11 |

5. CALCULO DEL CORTANTE Y MOMENTO EN LA PUNTA DE LA ZAPATA

| COMBINACIÓN | qcara (T/m) | CORTANTE Vd (T) (a "d" de la cara) | | |
|-----------------|----------------|---------------------------------------|-------|-------|
| | | DC | Q | nΣV |
| RESISTENCIA (a) | 28.04 | -4.21 | 61.95 | 60.63 |
| RESISTENCIA (b) | 28.11 | -4.21 | 62.12 | 60.80 |
| RESISTENCIA (c) | 30.46 | -5.85 | 67.12 | 64.34 |
| RESISTENCIA (d) | 30.53 | -5.85 | 67.29 | 64.51 |
| EV. EXTREMO (a) | 25.93 | -4.21 | 60.63 | 56.42 |
| EV. EXTREMO (b) | 26.01 | -4.21 | 60.81 | 56.60 |
| EV. EXTREMO (c) | 28.39 | -5.85 | 66.07 | 60.22 |
| EV. EXTREMO (d) | 28.46 | -5.85 | 66.23 | 60.38 |

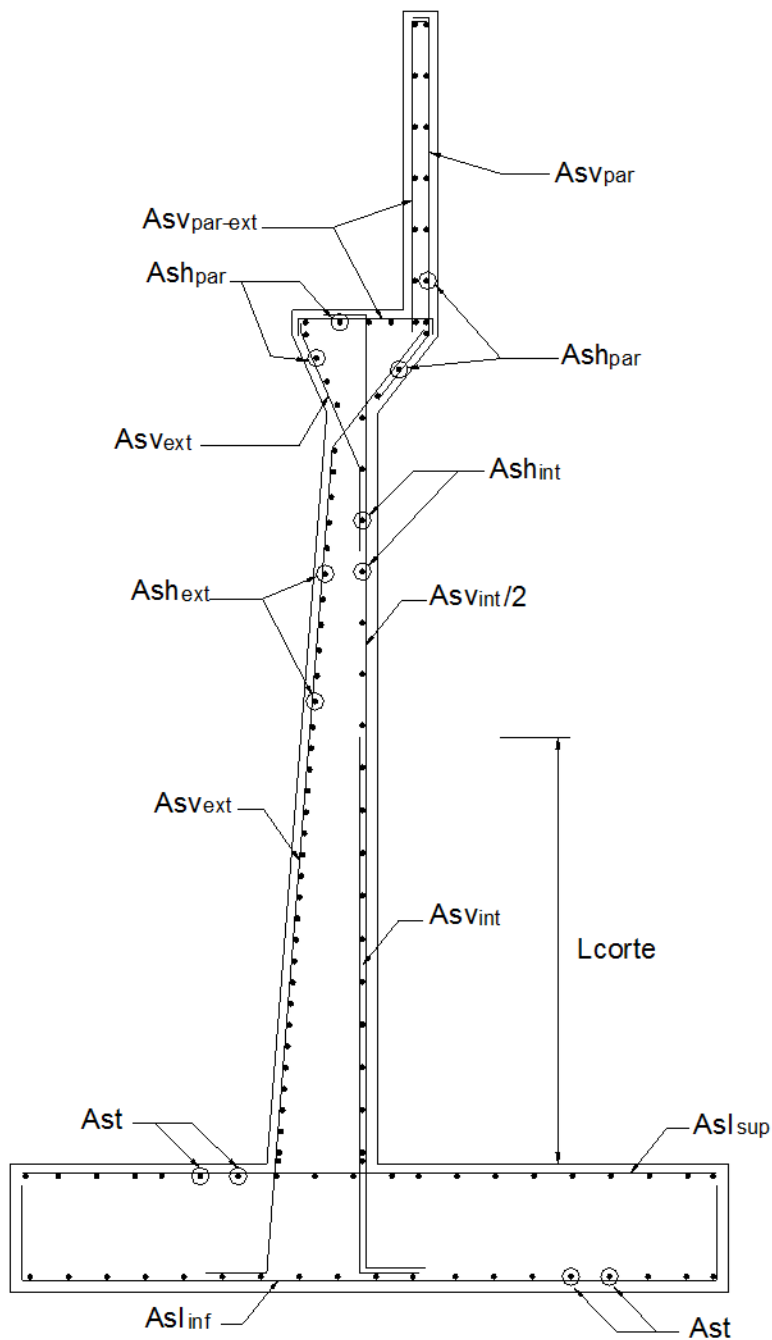
| COMBINACIÓN | qcara (T/m) | MOMENTO M (T-m) | | |
|-----------------|----------------|-----------------|-------|-------|
| | | DC | Q | nΣM |
| RESISTENCIA (a) | 28.04 | -4.32 | 75.99 | 75.25 |
| RESISTENCIA (b) | 28.11 | -4.32 | 76.20 | 75.47 |
| RESISTENCIA (c) | 30.46 | -6.00 | 82.06 | 79.86 |
| RESISTENCIA (d) | 30.53 | -6.00 | 82.27 | 80.08 |
| EV. EXTREMO (a) | 25.93 | -4.32 | 79.41 | 75.09 |
| EV. EXTREMO (b) | 26.01 | -4.32 | 79.64 | 75.32 |
| EV. EXTREMO (c) | 28.39 | -6.00 | 86.07 | 80.07 |
| EV. EXTREMO (d) | 28.46 | -6.00 | 86.27 | 80.27 |

DISEÑO ESTRUCTURAL

| | | |
|--------------|---------|--------------------------|
| LONGITUD: | 10.00 m | |
| ANCHO TOTAL: | 3.00 m | (Ancho de vía + veredas) |

1. DATOS

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ | $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ |
| $r(\text{pant}) = 0.05 \text{ m}$ | $r(\text{zapata}) = 0.075 \text{ m}$ |
| $\phi (\text{Flexión}) = 0.90$ | $\phi (\text{Corte}) = 0.85$ |





2. PANTALLA

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 91.22 \text{ T}$$

$$V_u = 59.16 \text{ T}$$

ACERO VERTICAL

| CARA INTERIOR | |
|----------------------------|-----------------------|
| DESC. | VALOR |
| Mu | 218.89 T-m |
| d | 1.15 m |
| a | 8.328 |
| As | 52.25 cm ² |
| As | 52.25 cm ² |
| ρ | 0.0045 |
| ρ_{min} | 0.0022 |
| Diam.(mm)= | 25 |
| Nº Aceros | 10.00 |
| s (Calculado) | 10.00 cm |
| s (Redond.) | 10 cm |
| Asv_{int} | 25mm @10 |
| Ld | 0.60 m |
| Lcorte (calc) | 3.27 m |
| Lcorte (redon.) | 3.30 m |
| Asv_{int}/2 | 25mm @20 |

Diam.(mm)=

| CARA EXTERIOR | |
|--------------------------|----------------------------|
| DESC. | VALOR |
| 25 | 4.91 cm² |
| As _{min} | 25.46 cm ² |
| Nº Aceros | 5.00 |
| s (Calculado) | 20.00 cm |
| s (Redond.) | 20 cm |
| Asv_{ext} | 25mm @20 |

Diam.(mm)=

ACERO HORIZONTAL

| PARTE INFERIOR | |
|----------------------------|-----------------------|
| DESC. | VALOR |
| Diam.(mm)= | 14 |
| 1.54 cm² | |
| ρ | 0.0022 |
| Ash | 25.46 cm ² |
| Ash/3 | 8.49 cm ² |
| Nº Aceros | 5.00 |
| s (Calculado) | 20.00 cm |
| s (Redond.) | 20 cm |
| Ash_{int} | 14mm @20 |
| Diam.(mm)= | 20 |
| 3.14 cm² | |
| 2*Ash/3 | 16.98 cm ² |
| Nº Aceros | 5.00 |
| s (Calculado) | 20.00 cm |
| s (Redond.) | 15 cm |
| Ash_{ext} | 14mm @15 |

Diam.(mm)=

| PARTE SUPERIOR | |
|----------------------------|-----------------------|
| DESC. | VALOR |
| Diam.(mm)= | 14 |
| 1.54 cm² | |
| ρ | 0.0022 |
| Ash | 22.43 cm ² |
| Ash/3 | 7.48 cm ² |
| Nº Aceros | 4.00 |
| s (Calculado) | 25.00 cm |
| s (Redond.) | 25 cm |
| Ash_{int} | 14mm @25 |
| Diam.(mm)= | 20 |
| 3.14 cm² | |
| 2*Ash/3 | 14.95 cm ² |
| Nº Aceros | 4.00 |
| s (Calculado) | 25.00 cm |
| s (Redond.) | 25 cm |
| Ash_{ext} | 14mm @25 |

Diam.(mm)=

3. DISEÑO DEL PARAPETO

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 15.86 \text{ T}$$

$$V_u = 2.79 \text{ T}$$

ACERO VERTICAL INTERIOR

| DESC. | VALOR |
|--------------------|----------------------|
| M_u | 6.38 T-m |
| d | 0.20 m |
| a | 1.39 |
| A_s | 8.72 cm ² |
| A_s | 8.74 cm ² |
| ρ | 0.0044 |
| ρ_{min} | 0.0022 |
| Diam.(mm)= | 14 |
| Nº Aceros | 5.00 |
| s (Calculado) | 20.00 cm |
| s (Redond.) | 20 cm |
| Asvpar | 14mm @20 |

ACERO VERTICAL EXT.

| | |
|-------------------|-----------------|
| Asvpar-ext | 14mm @25 |
|-------------------|-----------------|

ACERO HORIZONTAL

| | |
|---------------|-----------------|
| Ashpar | 14mm @25 |
|---------------|-----------------|

4. DISEÑO DEL TALON DE LA ZAPATA

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 75.35 \text{ T}$$

$$V_u = 25.13 \text{ T}$$

ACERO LONGITUDINAL

| CARA INFERIOR | |
|--------------------------|-----------------------|
| DESC. | VALOR |
| M_u | 68.11 T-m |
| d | 0.93 m |
| a | 3.159 |
| A_s | 19.82 cm ² |
| A_s | 19.82 cm ² |
| ρ | 0.0021 |
| ρ_{min} | 0.0022 |
| Diam.(mm)= | 25 |
| Nº Aceros | 4.00 |
| s (Calculado) | 25.00 cm |
| s (Redond.) | 25 cm |
| Asl_{inf} | 25mm @25 |

Diam.(mm)=

| CARA SUPERIOR | |
|--------------------------|----------------------------|
| DESC. | VALOR |
| 22 | 3.80 cm² |
| A_{smin} | 20.48 cm ² |
| Nº Aceros | 5.00 |
| s (Calculado) | 20.00 cm |
| s (Redond.) | 20 cm |
| Asl_{sup} | 22mm @20 |

ACERO TRANSVERSAL

| | |
|------------|-----------------|
| Ast | 22mm @20 |
|------------|-----------------|



5. DISEÑO DE LA PUNTA DE LA ZAPATA

VERIFICACION DE CORTANTE

$$\phi V_c = 75.35 \text{ T}$$

$$V_u = 64.51 \text{ T}$$

ACERO LONGITUDINAL

| CARA INFERIOR | |
|-------------------------|-----------------------|
| DESC. | VALOR |
| Mu | 80.27 T-m |
| d | 0.93 m |
| a | 3.73 |
| As | 23.40 cm ² |
| As | 23.43 cm ² |
| ρ | 0.0025 |
| ρ_{min} | 0.0022 |
| Diam.(mm)= | 25 |
| Nº Aceros | 4.00 |
| s (Calculado) | 25.00 cm |
| s (Redond.) | 25 cm |
| As_{inf} | 25mm @25 |

Diam.(mm)=

| CARA SUPERIOR | |
|-------------------------|----------------------------|
| DESC. | VALOR |
| 22 | 3.80 cm² |
| As _{min} | 20.48 cm ² |
| Nº Aceros | 5.00 |
| s (Calculado) | 20.00 cm |
| s (Redond.) | 20 cm |
| As_{sup} | 22mm @20 |

ACERO TRANSVERSAL

| | |
|------------|-----------------|
| Ast | 22mm @20 |
|------------|-----------------|

RESUMEN:

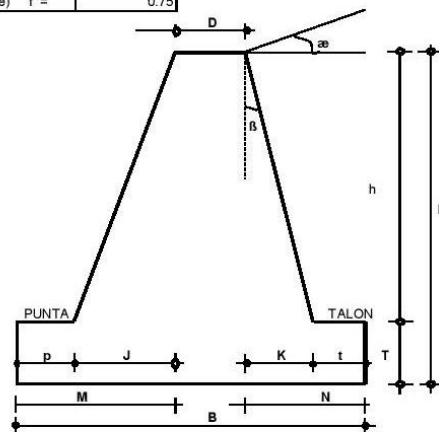
| PANTALLA | |
|--------------------|----------|
| ACERO VERTICAL | |
| INTERIOR | |
| Interior | 25mm @10 |
| Corte | 25mm @20 |
| EXTERIOR | |
| Exterior | 25mm @20 |
| ACERO HORIZONTAL | |
| INFERIOR | |
| Interior | 14mm @20 |
| Exterior | 14mm @15 |
| SUPERIOR | |
| Interior | 14mm @25 |
| Exterior | 14mm @25 |
| PARAPETO | |
| VERTICAL | |
| Interior | 14mm @20 |
| Exterior | 14mm @25 |
| Horizontal | 14mm @25 |
| TALON DE ZAPATA | |
| LONGITUDINAL | |
| Inferior | 25mm @25 |
| Transversal | 22mm @20 |
| Cara Superior | 22mm @20 |
| PUNTA DE LA ZAPATA | |
| LONGITUDINAL | |
| Inferior | 25mm @25 |
| Transversal | 22mm @20 |
| Cara Superior | 22mm @20 |

Anexo 15 Hoja de cálculo para diseño de muro de ala de margen derecho.

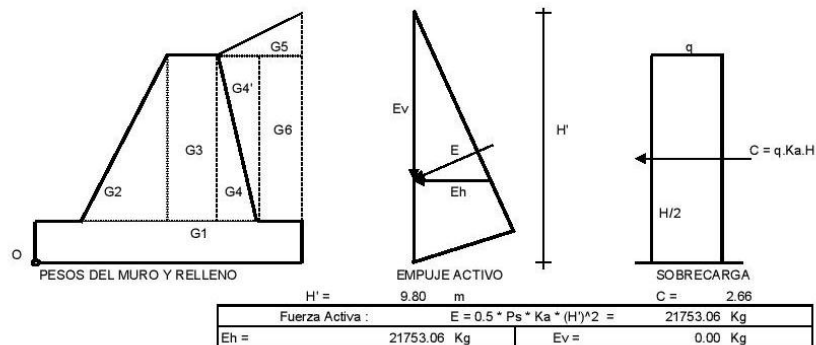
DISEÑO DE MURO DE ALA DERECHO

DATOS :

| | | |
|--|-------|---------------------------|
| Altura total del muro: | H = | 9.80 m |
| Base (2H/3) | B = | 4.00 m |
| Corona (H/12 > 0.30) | D = | 1.00 m |
| Espesor zapata (H/6 > 0.30) | T = | 1.00 m |
| Punta (H/8) | p = | 1.50 m |
| Base de la pantalla | J = | 0.90 m |
| Base trasera pantalla | K = | 0.00 m |
| Talón | t = | 0.60 m |
| Altura de pantalla | h = | 8.80 m |
| Base delantera | M = | 2.40 m |
| Base trasera | N = | 0.60 m |
| Peso específico del suelo | Ps = | 2000.00 Kg/m ³ |
| Peso específico del muro | Pm = | 2400.00 Kg/m ³ |
| Angulo de fricción interna | Ø = | 37.00 ° |
| Angulo terraplén encima del muro | æ = | 0.00 ° |
| Angulo pared posterior del muro | β = | 0.00 ° |
| Coef. de Empuje activo del suelo | Ka = | 0.23 |
| Capacidad portante del suelo | d = | 37.04 Kg/cm ² |
| Sobrecarga | q = | 1.20 Kg/m ² |
| Factor de Seguridad al Volteo | FSV = | 1.50 |
| Factor de Seguridad al Deslizamiento | FSD = | 1.50 |
| Coefficiente de Rozamiento (0.9 Tan æ) | f = | 0.75 |



CALCULO DE LA ESTABILIDAD DEL MURO :





| Fuerzas | | Momentos | |
|---------|-------------|----------|----------------|
| G1 = | 9600.00 Kg | M1 = | 19200.00 Kg-m |
| G2 = | 9504.00 Kg | M2 = | 19958.40 Kg-m |
| G3 = | 21120.00 Kg | M3 = | 61248.00 Kg-m |
| G4 = | 0.00 Kg | M4 = | 0.00 Kg-m |
| G4' = | 0.00 Kg | M4' = | 0.00 Kg-m |
| G5 = | 0.00 Kg | M5 = | 0.00 Kg-m |
| G6 = | 10560.00 Kg | M6 = | 39072.00 Kg-m |
| Ev = | 0.00 Kg | M7 = | 0.00 Kg-m |
| TOTALES | | Fv = | 50784.00 Kg |
| | | M= | 139478.40 Kg-m |

FACTOR DE SEGURIDAD AL VOLTEO.

Momento de Volteo: $M_v =$ 71073.05 Kg-m
Factor de Seguridad al Volteo 1.96

FACTOR DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO.

$F_r = f \cdot F_v =$ 38268.49 Kg
Factor de Seguridad al Deslizamiento 1.76

UBICACIÓN DE LA RESULTANTE EN LA BASE.

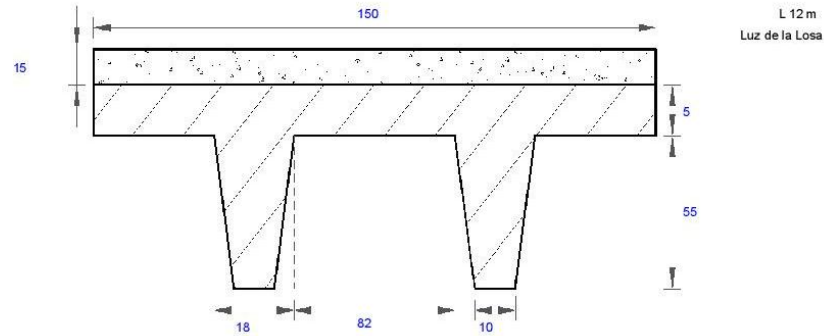
$X =$ 1.35 m
Excentricidad: 0.65 m.

CALCULO DE LA PRESION DEL SUELO.

Reacciones del terreno:
 $R_{max.} =$ 2.513 Kg/cm²
 $R_{min.} =$ 0.026 Kg/cm²

Anexo 16 Hoja de cálculo para elemento prefabricado.

Datos de la Losa



Medidas presentadas en Centímetros(cm)

Datos del Hormigón

- $f_c H P$ 350 Kg/cm² Resistencia del Hormigón Pretensado
- $f_c H A$ 280 Kg/cm² Resistencia del Hormigón al cortar los cables
- $f_c H A$ 280 Kg/cm² Resistencia del Hormigón losa fundida in situ

Propiedades de los Materiales

- f_{ci} 168.00 Kg/cm² Máxima compresión permitida en el hormigón al cortar cables.
- f_c 157.50 Kg/cm² Máxima compresión permitida en el hormigón durante la vida útil.
- $E_c H P$ 282495.13 Kg/cm² Módulo Elasticidad del Hormigón Pretensado.
- $E_c H A$ 252671.33 Kg/cm² Módulo Elasticidad del Hormigón Armado.
- n 0.89 Relación entre los Módulos Elasticidad.
- f_{pu} 19000 Kg/cm² Resistencia a la rotura del torón pretensado.
- f_{py} 17000 Kg/cm² Limite de Fluencia del torón pretensado.
- f_{pi} 14250 Kg/cm² Tensión inicial del torón.
- f_{pe} 10972.50 Kg/cm² Tensión efectiva del torón (luego de las pérdidas).
- f_y 4200 Kg/cm² Limite de Fluencia del acero adicional.
- f_{yv} 4200 Kg/cm² Limite de Fluencia del acero para cortante (estribos).
- f_{yt} 5000 Kg/cm² Limite de Fluencia del acero en el patín (electrosoldado).
- E_{sp} 2000000 Kg/cm² Módulo Elasticidad del Acero Pretensado.
- E_s 2000000 Kg/cm² Módulo Elasticidad del Acero Normal.

Propiedades de la Sección

- A 2290.00 cm² Área.
- P_p 549.60 Kg/m Peso propio.
- P_t 6595.20 Peso total.
- r_2 330.72 cm Radio de giro al cuadrado.
- Z_{inf} 19375.93 cm³ Módulo resistente inferior.
- cG_{inf} 39.09 cm Centro de Gravedad desde el borde inferior.
- cG_{sup} 20.91 cm Centro de Gravedad desde el borde superior.
- Z_{sup} 36213.14 cm³ Módulo resistente superior.
- I 757339.49 cm⁴ Inercia.

Refuerzo Activo

| | # Forrados | Centro de Presiones | | |
|--|------------|---------------------|-------|------|
| | | 1/2" | 7/16" | 3/8" |
| - Cantidad 4 Ø 1/2" | 2 | 0 | 0 | 0 |
| - Cantidad 0 Ø 7/16" | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - Cantidad 2 Ø 3/8" | 2 | 0 | 0 | 2 |
| - Recub. Asp 5 cm | | 2 | 0 | 0 |
| - Asp 10.09 cm2 Acero pretensado | | 2 | 0 | 0 |
| - ϕ_p 9.13 cm Centroides de presión | | 2 | 0 | 0 |

Refuerzo Pasivo

Tensión (Abajo) - As

| Cantidad | 0 | Ø | Toda Longitud mm |
|---------------------------------|---|---|------------------|
| - Cantidad | 0 | Ø | Centro mm |
| - Cantidad | 0 | Ø | Extremos mm |
| - Recub. As 0 cm | | | |
| - As 0.00 cm2. Acero a tracción | | | |

Compresión (Arriba) - As'

| | | | |
|------------------------------------|---|---|---------------------|
| - Cantidad | 0 | Ø | Toda Longitud mm |
| - Cantidad | 0 | Ø | Centro mm |
| - Cantidad | 0 | Ø | Extremos mm |
| - Recub. As' 0 cm | | | |
| - As' 0.00 cm2. Acero a compresión | | | |



Cargas de Servicio

- CV 0 Kg/m. Carga viva uniforme.
- CM 0 Kg/m. Carga muerta uniforme.
- M 0 Kg m. Momento adicional.
- V 0 Kg. Cortante adicional.

Cargas para Vigas de Puentes

- Viga para puente
- M Elast. 35098.66 Kg m HS-MOP
- M Ult. 76199.20 Kg m HS-MOP
- V Ult. 31459.48 Kg HS-MOP
- Valor máximo
- Puente de 1 carril

1ra Etapa: Diseño al Destensar el Elemento

- M Pp 9892.80 Kg m Momento por Peso Propio.
- Exc 29.96 cm Excentricidad.
- Ppi 143754.00 Kg Fuerza de pretensado inicial.
- Ppe 110690.58 Kg Fuerza de pretensado efectiva (luego de las pérdidas).

Esfuerzos en el centro de la viga

- f Sup 28.83 Kg/cm² Esfuerzo en fibra superior (Tracción).
- f Inf -233.97 Kg/cm² Esfuerzo en fibra inferior (Compresión).
- f Max 13.39 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Tracción No Cumple
- f Max -168.00 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Compresión No Cumple

Esfuerzos en los extremos de la viga

- f Sup 10.99 Kg/cm² Esfuerzo en fibra superior (Tracción).
- f Inf -55.77 Kg/cm² Esfuerzo en fibra inferior (Compresión).
- f Max 26.77 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Tracción Cumple
- f Max -196.00 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Compresión Cumple

2da Etapa: Diseño al Colocar una Carga Muerta Sobre el Elemento

- M Losa 9720.00 Kg m Momento por la Losa Superior.

Esfuerzos en el centro de la viga

- f Sup -10.93 Kg/cm² Esfuerzo en fibra superior (Tracción).
- f Inf -118.25 Kg/cm² Esfuerzo en fibra inferior (Compresión).
- f Max 13.39 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Tracción Cumple
- f Max -168.00 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Compresión Cumple

3ra Etapa: Diseño por Cargas de Servicio (Elástico) a Flexión

Propiedades de la sección compuesta

- A 4302.46 cm² Área.
- Pp 1089.60 Kg/m Peso propio.
- Pt 13075.20 Kg Peso total.
- I 1659826.35 cm⁴ Inercia.
- r2 385.79 cm² Radio de giro al cuadrado.
- Z Inf 31690.06 cm³ Módulo resistente inferior.
- Z Sup 217735.63 cm³ Módulo resistente superior.
- Z Sup Losa 73368.56 cm³ Módulo resistente superior (Losa).
- cG Inf 52.38 cm Centro de Gravedad desde el borde inferior.
- cG Sup 22.62 cm Centro de Gravedad desde el borde superior.

Esfuerzos en el centro la viga

- M Total 35098.66 Kg m Momento Total.
- f Sup Losa -47.84 Kg/cm² Esfuerzo en fibra superior (Losa).
- f Sup -27.05 Kg/cm² Esfuerzo en fibra superior.
- f Inf -7.50 Kg/cm² Esfuerzo en fibra inferior.
- f Max -126.00 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Compresión Cumple
- f Max -157.50 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Compresión Cumple
- f Max 37.42 Kg/cm² Esfuerzo máximo en Tracción Cumple

4ta Etapa: Diseño Última Resistencia a Flexión

- qu 1362.00 Kg/m Carga Última.
- Mu 100715.20 Kg m Momento Flector Último.
- B1 0.80 Relación profundidad bloque de esfuerzos.
- fps 18153.56 Kg/cm² Tensión Nominal de Preesfuerzo.
- a 5.13 cm Profundidad del bloque equivalente.
- c 6.41 cm Profundidad del eje neutro Viga Rectangular
- Mn 115933.25 Kg m Momento Flector Nominal.
- Ø Mn 104339.93 Kg m Momento Flector Resistente.
- Ø Mn = Mu Cumple

Refuerzo minimo

- Mcr 67880.92 Kg m Momento de Fisuración (ACI).
- 1.2 Mcr 81457.10 Kg m Momento de Fisuración.
- Ø Mn = 1.2 Mcr Cumple
- Mcr 75121.59 Kg m Momento de Fisuración (PCI).
- 1.2 Mcr 90145.91 Kg m Momento de Fisuración.
- Ø Mn = 1.2 Mcr Cumple

5ta Etapa: Diseño Última Resistencia a Cortante

Cortante vertical

- Vu 39631.48 Kg Cortante Último.
- Vc 18234.64 Kg Cortante Nominal del Concreto.
- Vs 34607.33 Kg Cortante Nominal del Acero.
- Sep. Max 45.00 cm Separación Máxima de Estribos.
- Sep. 12.5 cm Separación de Estribos.
- Av 1.01 cm² Acero Cortante Ø 12 mm Acero Cortante (Una Rama)
- As 0.51 cm² Acero Cortante Ø 10 mm Acero Cortante (Dos ramas)

Cortante horizontal

- VuH 52841.98 Kg Cortante Último.
- VcH 54343.03 Kg Resistencia Cortante del Concreto (Superficie Rugosa) Rugosidad Suficiente
- VsH 191293.49 Kg Resistencia Cortante del Acero (Estribos Pasados) Cumple



6ta Etapa: Deformaciones

Deformaciones a corto plazo

- Camber 29.30 mm Deformación hacia arriba (Contraflecha).
- flecha -3.48 mm Deformación hacia abajo.
- Def. i 25.82 mm Deformación inicial.

- ? Camber 6.74 mm Disminución del camber (pérdidas prestfuerzo).
- Def. 19.08 mm Deformación actual Contraflecha (Camber) ?
- Def. Imp. 24.81 mm Deformación actual mas impacto.

Restricciones ACI

- Def. max 25.00 mm Entrepisos Cumple

- Def. max 50.00 mm Cubiertas Cumple

Restricciones AASHTO

- Def. max 15.00 mm Vehiculos No Cumple

- Def. max 12.00 mm + Personas No Cumple

Deformaciones a largo plazo

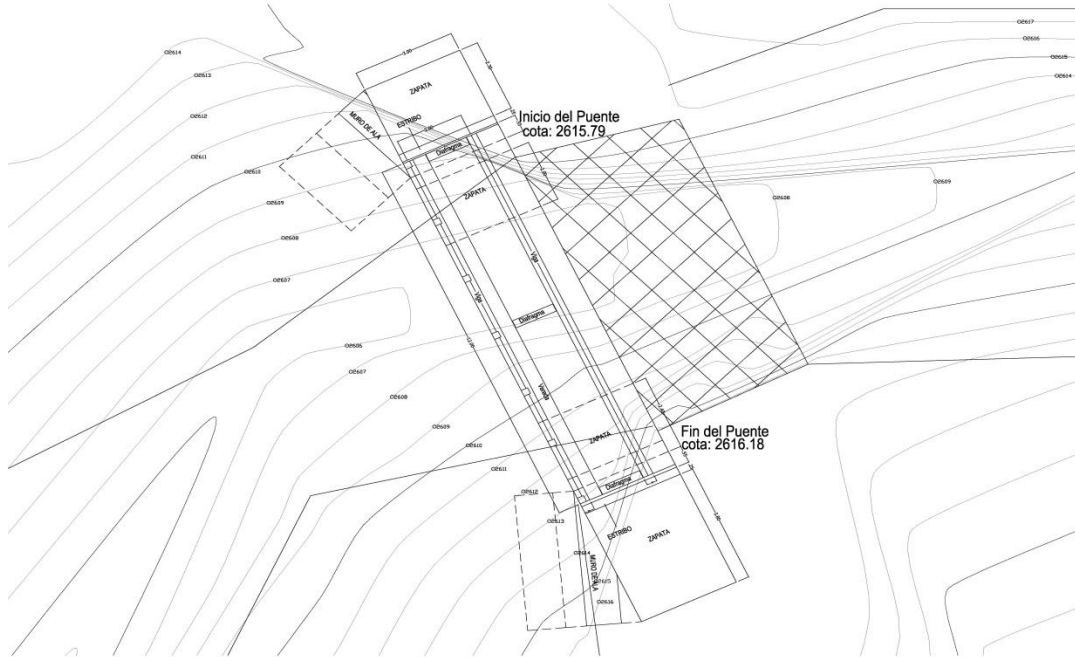
- flecha -8.00 mm Deformación hacia abajo.
- Def. final 14.56 Deformación final Contraflecha (Camber) ?

- Def. Imp. 18.93 mm Deformación final mas impacto.

Restricciones AASHTO

- Def. max 15.00 mm Vehiculos No Cumple

- Def. max 12.00 mm + Personas No Cumple

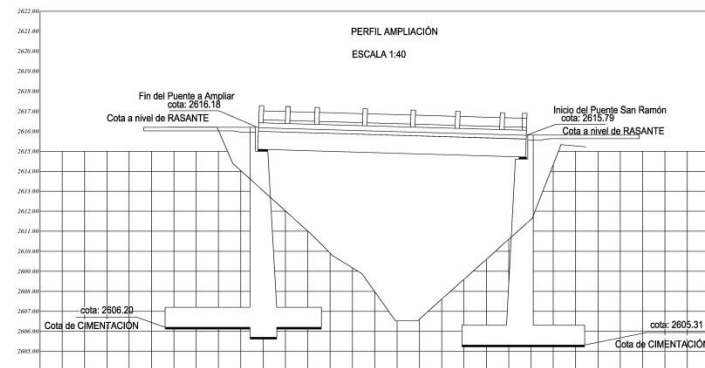
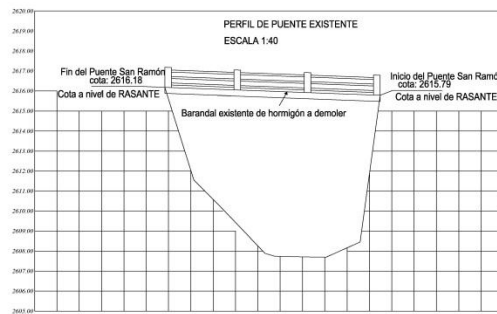


| PROCESO CONSTRUCTIVO | |
|---|--|
| PROCESO CONSTRUCTIVO | |
| LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO SEGUIRAN EL SIGUIENTE ORDEN: | |
| 1.- LIGACIÓN Y REPLANTEO DEL SITIO DE AMPLIACIÓN DEL PUENTE | |
| 2.- COLOCACIÓN EN EL SITIO DE UBICACIÓN DE LOS ESTRIBOS | |
| 3.- COLOCACIÓN DE REPLANTEO, ANILLO, INCORPORADO Y FUNDACIÓN DE LOS ESTRIBOS Y MUROS DE ALA | |
| 4.- RELLENO COMPACTADO TRAS LOS ESTRIBOS | |
| 5.- INCORPORACIÓN, ANILLO Y FUNDACIÓN DE LAS VIGAS Y TABLERO DEL PUENTE | |
| 6.- LANCHAMIENTO DEL PUENTE | |
| 7.- INCORPORACIÓN, ANILLO Y FUNDACIÓN DE LA ACERA Y BARRANDIL | |
| 8.- COLOCACIÓN DE CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFALTICO | |
| 9.- ACERAS DE FONDO | |
| 10.- APLICACIÓN DE LA CARGA DE SERVIDO | |

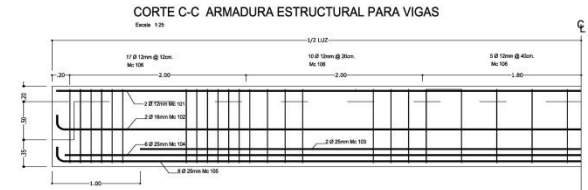
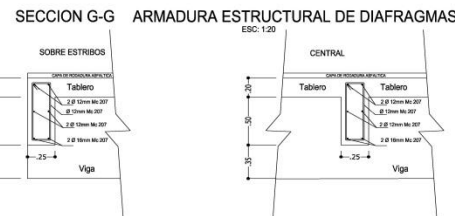
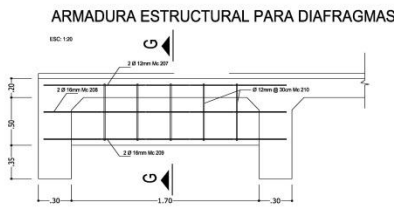
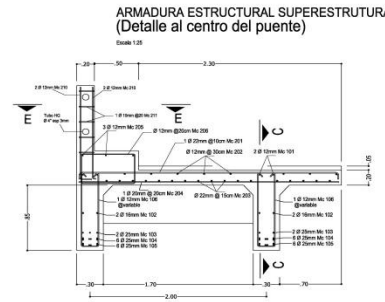
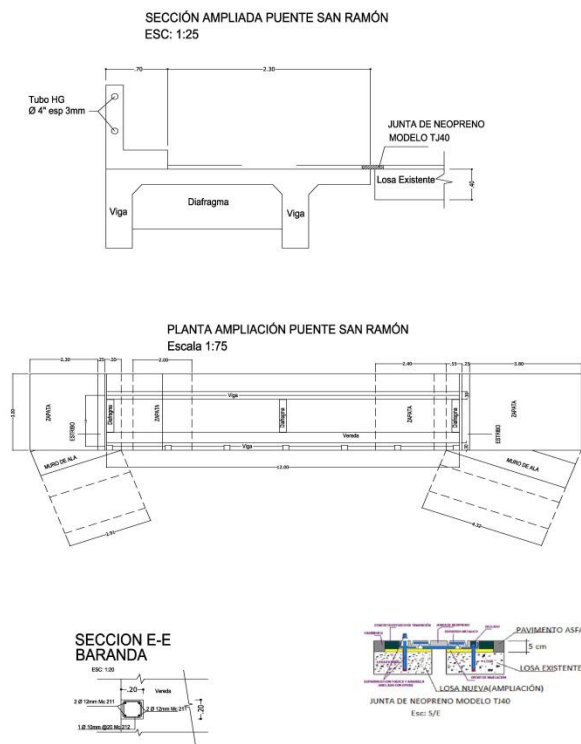
ESPECIFICACIONES GENERALES

- RESISTENCIA CILINDRICAL DEL HORMIGÓN A LOS 28 DIAS: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO: $\phi = 32 \text{ mm}$
- RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO DE REFUERZO: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- RECURRIMIENTO DEL REFUERZO:
 - LOSAS: 5cm
 - VIGAS: 5cm
- LOS TRASLAPES Y ANCLAJES DEBEN CUMPLIR CON EL CÓDIGO AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 2004 (Association of State Highway and Transportation Officials)
- CARGA DE TRANSITO: CAMION HS-MOP, Carga en Tandem y Carga Equivalente (HS-MOP)
- NORMAS EMPLEADAS PARA EL DISEÑO:
 - AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 2004 (Association of State Highway and Transportation Officials)
 - CÓDIGO ACI-318-2008
 - ESPECIFICACIONES MOP-01
- CONSTRUIR REPLANTEO NIVELANTE DE HORMIGÓN $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$ $\phi = 10 \text{ cm}$, EN BASE DE CIMENTACIONES
- COLOCAR 5 cm DE RECURRIMIENTO DE HORMIGÓN ASFALTICO SOBRE LA LOSA DEL PUENTE. (CAPA DE RODADURA)
- CUANDO SE NECESITE REALIZAR UN RECAPEO DE LA CAPA DE RODADURA SEERÁ NECESARIO RETIRAR EL ASFALTO ANTIGUO ANTES DE COLOCAR EL NUEVO.
- RECOMENDAMOS RELLENAR LOS TUBOS DE 4" DE LAS BARRANDAS CON HORMIGÓN
- SE REQUIERE VERIFICAR EN SITIO LA CAPACIDAD DEL SUELO Y LA COTA DE CIMENTACIÓN
- SI SE REQUIERE SE DEBE CORTAR LAS ALAS EXISTENTE QUE IMPIDAN LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO ESTRIBO.

| CANTIDADES DE OBRA | | | |
|--------------------|--|--------|----------|
| Item | Descripción | Unidad | Cantidad |
| 1 | APORTE DE MATERIAL | | |
| 1.001 | Replanteo y construcción (Puentes) | m2 | 80.80 |
| 1.002 | Replanteo y construcción (Puentes) | m2 | 80.80 |
| 1.003 | Replanteo y construcción (Puentes) | m2 | 17.48 |
| 1.004 | Replanteo y construcción (Puentes) | m2 | 23.80 |
| 1.005 | Replanteo y construcción (Puentes) | m2 | 1.00.00 |
| 1.006 | Asfalto de Replanteo en Bases, cota y ligadura $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | kg | 10718.51 |
| 1.007 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 79.79 |
| 1.008 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 80.80 |
| 1.009 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 13.80 |
| 1.010 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 13.80 |
| 1.011 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 2.70 |
| 1.012 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 699.34 |
| 1.013 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 484.24 |
| 1.014 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 2071.70 |
| 1.015 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 81.00 |
| 1.016 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 4.87 |
| 1.017 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 170.48 |
| 2 | APORTE DE MATERIAL | | |
| 2.001 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | kg | 4310.21 |
| 2.002 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 17.70 |
| 2.003 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 20.80 |
| 2.004 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 30.80 |
| 2.005 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 10.00 |
| 2.006 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 10.00 |
| 2.007 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 7.70 |
| 2.008 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.00 |
| 2.009 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 2.80 |
| 2.010 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.40 |
| 3 | APORTE DE MATERIAL | | |
| 3.001 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 2.50 |
| 3.002 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.80 |
| 3.003 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 0.10 |
| 3.004 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 0.10 |
| 3.005 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 0.10 |
| 4 | APORTE DE MATERIAL | | |
| 4.001 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.00 |
| 4.002 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.00 |
| 4.003 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.00 |
| 4.004 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.00 |
| 4.005 | Replanteo y construcción (Puentes) $f_c = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ | m2 | 1.00 |



| | |
|---|--|
| UNIVERSIDAD DE CUENCA | |
| AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBÓN DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE BACTE PERTENECIENTE AL CANTÓN SIGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY | |
| CONTIENE: PLANTA GENERAL Y PERFIL LONGITUDINAL | |
| DISEÑO: JUAN CARLOS BERREZUETA TORRES | |
| REVISADO POR: TSC. ING. ANGEL JULVER PINO | |
| FECHA: ABRIL DEL 2015 | |
| HOLLA: 1 DE 4 | |



PROCESO CONSTRUCTIVO

PROCESO CONSTRUCTIVO

1. LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DEL SITIO DE LA AMPLIACIÓN DEL PUENTE

2. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

3. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

4. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

5. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

6. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

7. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

8. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

9. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

10. EXCAVACIÓN DE LA ZONA DE FONDO DE LOS EXISTENTES Y FONDO DE LOS EXISTENTES Y MARGES DE ALA

| CANTIDADES DE OBRA | | | |
|--------------------|--|--------|----------|
| Item | Descripción | Unidad | Cantidad |
| 1 | OPERA DE TRAZADO | | |
| 1.001 | Revisión y levantamiento (planos) | m2 | 20.00 |
| 1.002 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 148.84 |
| 1.003 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 17.40 |
| 1.004 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 22.40 |
| 1.005 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 148.84 |
| 1.006 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 107.10 |
| 1.007 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 70.70 |
| 1.008 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 89.40 |
| 1.009 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 10.00 |
| 1.010 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 10.00 |
| 1.011 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 2.70 |
| 1.012 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 1.013 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 1.014 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 247.10 |
| 1.015 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 47.50 |
| 1.016 | Excavación a rasante en terreno con compactación | m3 | 176.40 |
| 2 | SUPERESTRUTURA | | |
| 2.001 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 433.00 |
| 2.002 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 17.70 |
| 2.003 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 24.80 |
| 2.004 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 2.005 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 2.006 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 2.007 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 2.008 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 2.009 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 2.010 | Acera de concreto en terreno con compactación | m3 | 484.54 |
| 3 | REPARACIÓN DE LA SUPERESTRUTURA | | |
| 3.001 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.002 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.003 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.004 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.005 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.006 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.007 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.008 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.009 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 3.010 | Reparación de la superestructura | m3 | 2.00 |
| 4 | IMPACTO AMBIENTAL | | |
| 4.001 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.002 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.003 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.004 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.005 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.006 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.007 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.008 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.009 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |
| 4.010 | Impacto ambiental | m3 | 1.00 |

ESPECIFICACIONES GENERALES

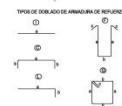
- RESISTENCIA CILINDRICAL DEL HORMIGÓN A LOS 28 DÍAS: $f_{cm} = 280 \text{ Kg/cm}^2$
- TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO: $\leq 20 \text{ mm}$
- RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO DE REFUERZO: $f_{yk} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO:

- LOS TRASLAPES Y ANCLAJES DEBEN CUMPLIR CON EL CÓDIGO AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 2004 (Association of State Highway and Transportation Officials)
- CARGA DE TRANSITO: CAMION HS-MOP. Carga en Tandem y Carga Equivalente (HS-MOP)
- NORMAS EMPLEADAS PARA EL DISEÑO: AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 2004 (Association of State Highway and Transportation Officials)
- CÓDIGO ACI-318-2008
- ESPECIFICACIONES MOP-01

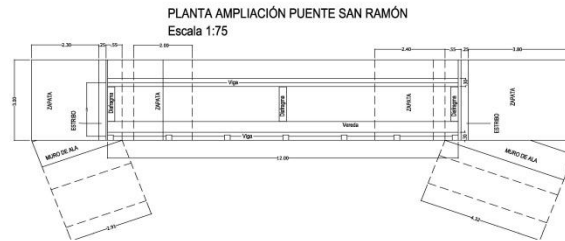
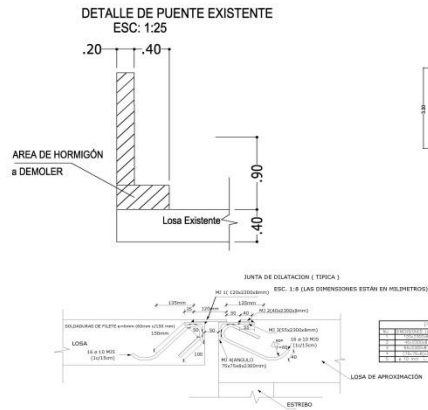
- CONSTRUIR REPLANTEO NIVELANTE DE HORMIGÓN $f_{cm} = 180 \text{ Kg/cm}^2$ $\pm 10 \text{ mm}$ EN BASE DE CIMENTACIONES
- COLOCAR 5 cm de RECUBRIMIENTO DE HORMIGÓN ASFALTICO SOBRE LA LOSA DEL PUENTE. (CAPA DE RODADURA)
- CUANDO SE NECESITE REALIZAR UN RECAPEO DE LA CAPA DE RODADURA SEÑAL NECESARIO RETIRAR EL ASFALTO ANTERIOR ANTES DE COLOCAR EL NUEVO.
- RECOMENDAMOS RELENAR LOS TUBOS DE F DE LAS BARANDAS CON HORMIGÓN.
- SE REQUIERE VERIFICAR EN SITIO LA CAPACIDAD DEL BUELDO Y LA COTA DE CIMENTACIÓN.
- SI SE REQUIERE SE DEBE CORTAR LAS ALAS EXISTENTES QUE IMPIDAN LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO ESTRIBO.

| | |
|---|--|
| UNIVERSIDAD DE CUENCA | |
| AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RIO ALCAZAY DE LA COMUNIDAD DE DACE PERTENECIENTE AL CANTÓN SIGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY | |
| CONTIENE: | |
| - DETALLES ESTRUCTURAL DE ESTRIBOS Y LOSA | |
| - SECCIONES, TABLA DE CANTIDADES DE OBRA | |
| - PLANILLA DE HIERROS | |
| ESCALA: INDICADAS | |
| DISEÑO: JUAN CARLOS BERREZUETA TORRES | |
| REVISADO POR: HSC. ING. ANGEL JULVER PING | |
| FECHA: ABRIL DEL 2016 | |
| HUAJ. 2 DE 4 | |

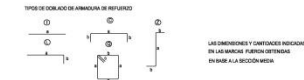
| PLANILLA DE HIERRO SUPERESTRUTURA PUENTE SAN RAMÓN | | | | | | |
|--|---------------|------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------|
| Marca | Diámetro (mm) | Tipo | Dimensiones a (cm) b (cm) c (cm) | Longitud Parcial (m) | Cantidad (U) | Peso (kg) |
| VIGAS DEL PUENTE | | | | | | |
| Mc101 | 12 | I | 120x30 | 12.05 | 4 | 48.20 |
| Mc102 | 16 | O | 117x30 | 12.3 | 4 | 49.20 |
| Mc103 | 25 | I | 100x30 | 10 | 5 | 50.00 |
| Mc104 | 25 | I | 117x30 | 11.7 | 12 | 140.40 |
| Mc105 | 25 | C | 117x30 | 12.5 | 12 | 150.00 |
| Mc106 | 32 | F | 50x30 | 1.27 | 128 | 162.56 |
| LOSA DEL PUENTE | | | | | | |
| Mc201 | 22 | C | 290x30 | 3.1 | 120 | 372.00 |
| Mc202 | 12 | I | 117x30 | 11.7 | 10 | 117.00 |
| Mc203 | 22 | I | 117x30 | 11.7 | 20 | 234.00 |
| Mc204 | 20 | I | 290x30 | 2.9 | 60 | 174.00 |
| Mc205 | 12 | I | 117x30 | 11.7 | 3 | 35.10 |
| Mc206 | 12 | O | 60x40 | 1.4 | 60 | 84.00 |
| DIAFRAGMA | | | | | | |
| Mc207 | 12 | C | 190x30 | 2.5 | 6 | 15.00 |
| Mc208 | 16 | C | 190x30 | 2.5 | 6 | 33.90 |
| Mc209 | 16 | C | 190x30 | 2.5 | 6 | 15.00 |
| Mc210 | 12 | O | 60x30 | 0.9 | 15 | 13.50 |
| BARANDAS | | | | | | |
| Mc211 | 12 | L | 120x35 | 1.9 | 28 | 53.20 |
| Mc212 | 10 | O | 15x35 | 0.45 | 35 | 15.75 |
| Subtotal | | | | | | 4153.23 kg |



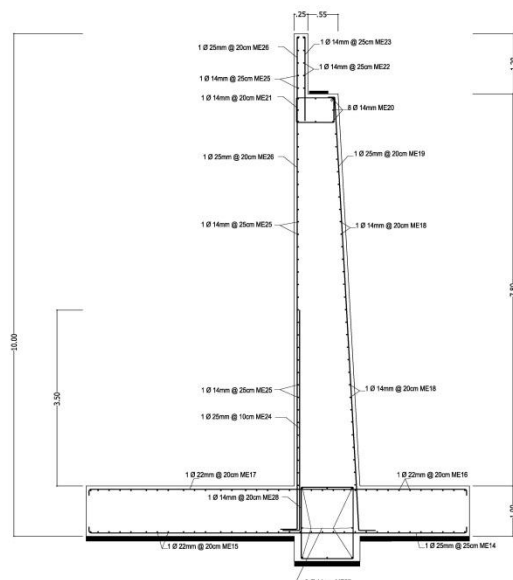
LAS DIMENSIONES Y CANTIDADES DEBEN SER LAS MISMAS QUE LAS QUE SE ENCONTRAN EN EL DISEÑO DE LA OBRA



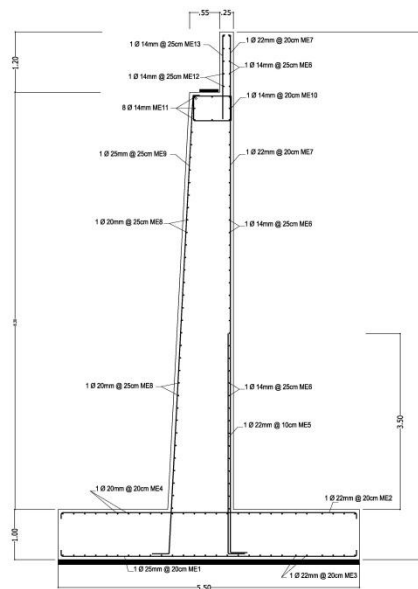
| PLANILLA DE HIERRO PARA ESTRIBOS PUENTE SAN RAMÓN | | | | | | | | | | |
|---|---------------|------|-------------|-------|----------------------|--------------|--------------------|-----------|-------------|--|
| Marca | Diámetro (mm) | Tipo | DIMENSIONES | | Longitud Parcial (m) | Cantidad (U) | Longitud Total (m) | Peso (kg) | OBSERVACIÓN | |
| | | | a(cm) | b(cm) | | | | | | |
| ESTRIBO DERECHO | | | | | | | | | | |
| ME1 | 25 | C | 30 | 538 | 30 | 5.98 | 15 | 89.70 | 345.65 | |
| ME2 | 22 | C | 30 | 538 | 30 | 5.98 | 15 | 89.70 | 267.67 | |
| ME3 | 22 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 28 | 100.80 | 306.79 | |
| ME4 | 20 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 28 | 100.80 | 248.59 | |
| ME5 | 22 | L | 438 | 40 | 4.78 | 30 | 143.40 | 427.91 | | |
| ME6 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 38 | 136.80 | 165.31 | |
| ME7 | 22 | Z | 40 | 1026 | 25 | 10.91 | 15 | 163.65 | 488.34 | |
| ME8 | 20 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 37 | 133.20 | 328.49 | |
| ME9 | 25 | Z | 40 | 915 | 25 | 9.8 | 12 | 117.60 | 453.16 | |
| ME10 | 14 | Q | 65 | 50 | 20 | 1.35 | 15 | 20.25 | 24.47 | |
| ME11 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 8 | 28.80 | 34.80 | |
| ME12 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 5 | 18.00 | 21.75 | |
| ME13 | 14 | L | 25 | 170 | 1.95 | 12 | 23.40 | 28.28 | | |
| ESTRIBO IZQUIERDO | | | | | | | | | | |
| ME14 | 25 | C | 30 | 685 | 30 | 7.45 | 12 | 89.40 | 344.48 | |
| ME15 | 22 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 34 | 122.40 | 365.25 | |
| ME16 | 22 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 34 | 122.40 | 365.25 | |
| ME17 | 22 | C | 30 | 685 | 30 | 7.45 | 12 | 89.40 | 266.77 | |
| ME18 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 40 | 144.00 | 174.01 | |
| ME19 | 25 | Z | 40 | 862 | 25 | 9.27 | 15 | 139.05 | 535.81 | |
| ME20 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 8 | 28.80 | 34.80 | |
| ME21 | 14 | Q | 65 | 50 | 20 | 1.35 | 15 | 20.25 | 24.47 | |
| ME22 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 5 | 18.00 | 21.75 | |
| ME23 | 14 | L | 25 | 170 | 1.95 | 12 | 23.40 | 28.28 | | |
| ME24 | 25 | L | 438 | 40 | 4.78 | 30 | 143.40 | 552.57 | | |
| ME25 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 36 | 129.60 | 156.61 | |
| ME26 | 25 | Z | 40 | 978 | 25 | 10.43 | 12 | 125.16 | 482.29 | |
| ME27 | 14 | C | 30 | 300 | 30 | 3.6 | 8 | 28.80 | 34.80 | |
| ME28 | 14 | Q | 138 | 90 | 20 | 2.48 | 15 | 37.20 | 44.95 | |
| Subtotal | | | | | | | | 6567.31 | kg | |



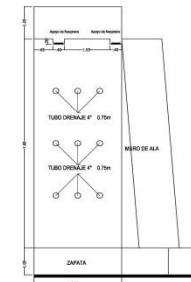
ESTRIBO IZQUIERDO AMPLIACIÓN
ESCALA 1:40



ESTRIBO DERECHO AMPLIACIÓN
ESCALA 1:40

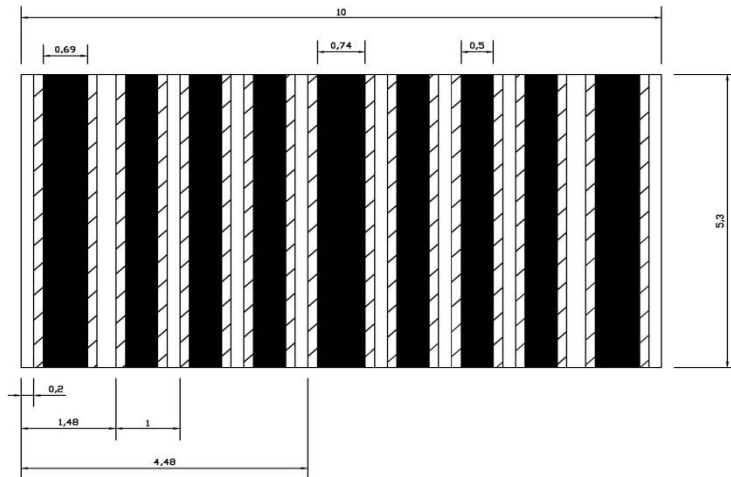


VISTA FRONTAL ESTRIBO IZQUIERDO
Escala 1:75

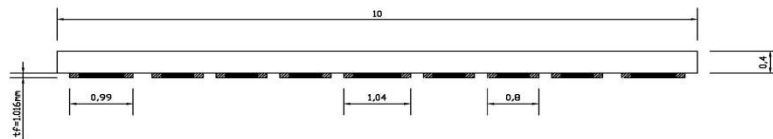


ESPECIFICACIONES GENERALES

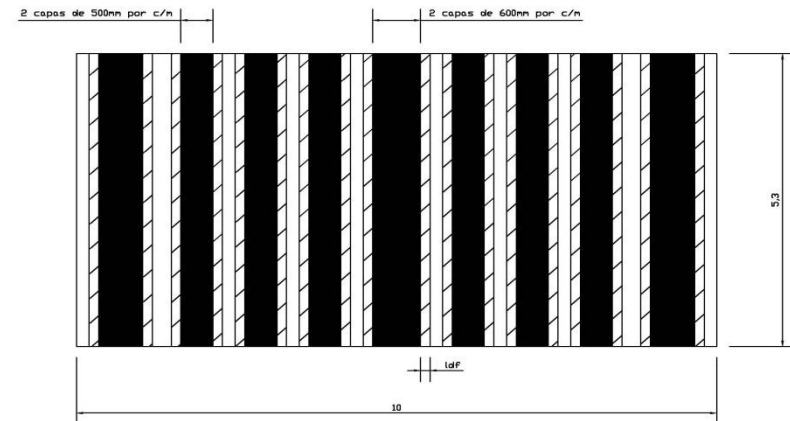
- RESISTENCIA CILINDRICAL DEL HORMIGÓN A LOS 28 DÍAS: $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO: 20mm
- RESISTENCIA A LA FLUENCIA DEL ACERO DE REFUERZO: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- RECURTIMIENTO DEL REFUERZO:
 - LOSA: 50mm
 - VIGAS: 80mm
- LOS TRABAJOS Y ANCLAJES DEBEN CUMPLIR CON EL CÓDIGO ASBITO LÍQUID BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 2004 (Association of State Highway and Transportation Officials)
- CARGA DE TRÁNSITO: CAMION HS-MOP, Carga en Tránsito y Carga Equivalente (HS-MOP)
- NORMAS EMPLEADAS PARA EL DISEÑO:
 - ASBITO LÍQUID BRIDGE DESIGN SPECIFICATION 2004 (Association of State Highway and Transportation Officials)
 - CODIGO 402-318-2008
 - ESPECIFICACIONES MOP-01
- CONSTRUCCIÓN REPLANTILLO NIVELANTE DE HORMIGÓN $f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$ $\approx 15\text{cm}$, EN BASE DE CIMENTACIONES
- COLOCAR 8 cm DE REFORZAMIENTO DE HORMIGÓN ASFALTICO SOBRE LA LOSA DEL PUENTE, CAPA DE RODADURA
- CUANDO SE NECESITE REALIZAR UN RECARGO DE LA CAPA DE RODADURA SERA NECESARIO RETIRAR EL ASFALTO ANTERIOR ANTES DE COLOCAR EL NUEVO
- RECOMENDAMOS RELLENAR LOS TUBOS DE 4" DE LAS BARANDAS CON HORMIGÓN
- SE REQUIERE VERIFICAR EN ESTOLA CAPACIDAD DE BULEO Y A COTA DE CIMENTACION
- SI SE REQUIERE SE DEBE CORTAR LAS ALAS EXISTENTE QUE IMPIDAN LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO ESTRIBO.



VISTA EN PLANTA
(Dimensiones de las
láminas)



VISTA FRONTAL



VISTA EN PLANTA
(Diseño de las
láminas)

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| | UNIVERSIDAD DE CUENCA | |
| | AMPLIACIÓN Y REFORZAMIENTO MEDIANTE FIBRAS DE CARBONO DEL PUENTE SAN RAMÓN SOBRE EL RÍO ALCACAY DE LA COMUNIDAD DE DACE PERTENECIENTE AL CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY | |
| CONTIENE: | - DETALLE COLOCACIÓN DE FRP. | ESCALA: INDICADAS DIBUJO: JUAN CARLOS BERREZUETA TORRES ADRIÁN ROBERTO MOSCOSO TELLO |
| DISEÑO: | REVISADO POR: | |
| JUAN CARLOS BERREZUETA TORRES | MSc. ING. ANGEL JULVER PINO | |
| ADRIÁN ROBERTO MOSCOSO TELLO | FECHA: ABRIL DEL 2015 | HOJA: 4 DE 4 |